



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

RIIKKA RAUTAVAARA
KUSTANNUSKÄYRÄN HYÖDYNTÄMINEN RAKENNUS-
HANKKEEN AIKATAULUTARKASTELUSSA

Diplomityö

Tarkastajat: professori Kalle Kähkönen
TkL Olli Teriö

Tarkastaja ja aihe hyväksytty Talouden ja rakennamisen tiedekunnassa 14. tammikuuta 2015

TIIVISTELMÄ

RIIKKA RAUTAVAARA: Kustannuskäyrän hyödyntäminen rakennushankkeen aikataulutarkastelussa

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 68 sivua, 23 liitesivua

Huhtikuu 2015

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Rakennustuotanto

Tarkastajat: professori Kalle Kähkönen, TkL Olli Teriö

Avainsanat: kustannuskäyrä, kustannusseuranta, aikatauluseuranta, s-käyrä

Diplomityön tavoitteena oli tutkia, mitkä hankkeen ominaisuudet vaikuttavat voimakkaimmin kustannuskäyrän muotoon ja luoda saatujen tulosten perusteella NCC Rakennus Oy:n käyttöön aikataulutarkasteluun soveltuva menetelmä. Tämän kaltainen menetelmä oli luotu insinöörityön pohjalta yrityksen käyttöön jo vuonna 2009, mutta tämän työn tarkoituksena oli tarkentaa insinöörityössä saatuja tuloksia ja vastata menetelmän saamaan kritiikkiin.

Työssä tutkittiin vuosien 2009-2014 aikana valmistuneita rakennushankkeita asuntotalon- ja korjausrakentamisen puolelta ja niitä lajiteltiin myös hankkeiden ominaisuuksien perusteella useisiin eri ryhmiin. Työn teoriaosuudessa tarkastellaan, millä lajittelu- perusteella on suurin vaikutus kustannuskäyrän muotoon ja kuinka suuri vaihtelu kustannuskäyrien muodoissa on. Työn tutkimusosuus on tehty hyödyntäen Microsoft Excel –ohjelmistoa.

Tutkimuksen tuloksena yritykselle laadittiin uusi aikataulutarkastelumenetelmä. Menetelmä hyödyntää useita työssä luotuja standardikäyriä ja valitsee tarvittavan käyrän tarkastelun kohteena olevan hankkeen ominaisuuksien perusteella. Menetelmä näyttää käyrän vierellä myös tarkastelukohtaan sidotun vaihteluvälin, joka kuvaa tuloksen tarkkuutta. Aikataulutarkastelun tulos annetaan prosenteina kokonaisajasta sekä työpäivinä. Riippuen, mille etäisyydelle käyrästä ja vaihteluvälistä tarkastelupiste osuu, menetelmä myös näyttää onko projektinjohdolla tarvetta tarkastella työmaan tilannetta tarkemmin.

ABSTRACT

RIIKKA RAUTAVAARA: Exploitation of Cost Curve in Schedule Monitoring of Construction Project

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 68 pages, 23 Appendix pages

April 2015

Master's Degree Programme in Construction Technology

Major: Construction management

Examiners: Professor Kalle Kähkönen,

Licentiate of Science (Technology) Olli Teriö

Keywords: cost curve, cost management, time management, s-curve

The objective of this Master of Science Thesis was to study, which project feature has the biggest impact on construction project cost curve. Based on the results the aim was to create schedule monitoring method for NCC Construction Finland Ltd's use. This kind of method was created already in 2009 but now the intention was to specify those results and answer to the critic the method has received.

This study viewed cost curves from three different units and all the projects were finished between 2009 and 2014. The viewed units were reparation, residential properties and commercial properties, industrial facilities and public buildings. The projects were also divided by project features into several categories. In the theoretical part of this study there was studied which project feature has the biggest impact on cost curve and how great the shape variation is between projects' curves. The data was analyzed using Microsoft Excel software.

A new schedule monitoring method was created as a result of this study. Many standard cost curves are used in his method and it chooses which curve to use based on the projects features. The method shows also the variance of the results. The result is given in percentage and in workdays. Depending on how far the result is from the standard curve, the method also shows if the project managers should view the project's situation more closely.

ALKUSANAT

Tämän työn valmistumisesta saan kiittää monia tahoja ja henkilöitä.

Suuret kiitokset Joonas Saikkoselle ja Kimmo Kärkkäiselle, jotka toimivat ohjaajinani NCC Rakennus Oy:n puolesta. Haluan kiittää myös NCC:n Lahden yksikköä, erityisesti Jarmo Savirantaa ja Veijo Hämäläistä diplomityöpaikastani. Tampereen teknillisen yliopiston puolesta työni tarkastivat ja ohjasivat Kalle Kähkönen ja Olli Teriö, kiitos myös heille.

Lahdessa 28.05.2015

Riikka Rautavaara

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	I
ABSTRACT	II
ALKUSANAT	III
KUVALUETTELO	VI
TAULUKKOLUETTELO	VII
LYHENTEET JA MERKINNÄT	VIII
1. JOHDANTO	1
1.1 Diplomityön tausta	1
1.2 Tutkimuksen tavoite	1
1.3 Työn rajaukset	2
1.4 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen suoritus	2
2. TEOREETTINEN TAUSTA	3
2.1 Aikatauluhallinta	3
2.1.1 Aikataulutyyppejä ja seurantamenetelmiä	3
2.1.2 Ajan ja kustannusten optimointi	5
2.1.3 Korjausrakentamisen aikataulutus	5
2.2 Kustannushallinta	6
2.2.1 Kustannusarviointi	6
2.2.2 Urakoitsijan tuotantosuunnitelmat	8
2.2.3 Projektin tulo-menosuunnittelu	8
2.2.4 Korjausrakentamisen erityispiirteet	9
2.2.5 Kustannusvalvonta	9
2.3 Ajallisen ja taloudellisen edistymisen arviointi	11
2.3.1 Tuloksen arvon menetelmä (Earned Value Management)	12
2.3.2 Earned Schedule	17
2.3.3 Aikaisemmin tehtyjä tutkimuksia standardikustannuskäyrästä	18
2.3.4 Kustannuskäyrän tulkinta	25
2.4 Tero Mourujärven insinööritoimisto	26
2.5 Kustannusrakenteeseen vaikuttavat tekijät	28
2.5.1 Toteutusmuoto	28
2.5.2 Maksuperuste	30
2.5.3 Liiketoimintaprosessi	32
3. TUTKIMUKSEN SUORITUS JA AINEISTO	33
3.1 Aineiston kokoaminen	33
3.2 Aineiston jaottelu	34
3.3 Tiedonlouhinta	36
3.3.1 Standardikäyrän virheen laskenta	37
3.3.2 Standardikäyrän virheen jakautuminen	38
3.4 Aikataulutarkastelumenetelmä	39

4.	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	41
4.1	Virherajat.....	41
4.1.1	Alaryhmien virheiden tarkastelu	44
4.1.2	Jaottelun vaikutus virherajoihin	47
4.1.3	Standardikäyrän virheen jakautuminen.....	49
4.2	Kustannuskäyrän muoto	49
4.3	Aikataulutarkastelun menetelmä	58
4.3.1	Aikataulutarkasteluun tehdyt muutokset.....	59
5.	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	62
5.1	Tutkimuksen tarkastelu	62
5.1.1	Virhelähteitä.....	63
5.2	Tulosten tarkastelu	64
5.2.1	Virherajat	65
5.2.2	Alaryhmiin jaotellut virherajat.....	65
5.2.3	Standardikäyrän virheen jakaminen käyrän matkalle	66
5.2.4	Käyrien muoto.....	66
5.3	Menetelmän käytettävyys.....	67
5.4	Jatkotutkimusehdotukset ja suositeltavat toimenpiteet	68
	LÄHTEET.....	69
	LIITE 1.....	73
	LIITE 2.....	88
	LIITE 3.....	90

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Sitoutuneet ja toteutuneet kustannukset (Pelin, 2011)</i>	<i>10</i>
Kuva 2.	<i>Projektin kustannusvalvonta (Sun, 2008).....</i>	<i>11</i>
Kuva 3.	<i>Tuloksen arvon yksiköt (Vanhoucke, 2009).....</i>	<i>13</i>
Kuva 4.	<i>Tuloksen arvon yksiköt S-käyrällä (Henderson, 2007)</i>	<i>14</i>
Kuva 5.	<i>Projektin aikataulu ja kustannusseuranta Tuloksen arvon menetelmällä (Vanhoucke, 2012).....</i>	<i>15</i>
Kuva 6.	<i>Earned Schedule yksiköt (Henderson, 2007)</i>	<i>17</i>
Kuva 7.	<i>Projektin kustannukset ennustettua pienemmät (Kenley, 2003).....</i>	<i>26</i>
Kuva 8.	<i>Toteutusmuotojen vastuujako (Peltonen and Kiiras, 1998).....</i>	<i>29</i>
Kuva 9.	<i>Lajiteltujen hankkeiden kootut kustannuskäyrät</i>	<i>36</i>
Kuva 10.	<i>Lajiteltujen hankkeiden kustannuspisteiden mukaan määritetty standardikustannuskäyrä</i>	<i>37</i>
Kuva 11.	<i>Virheen jakautuminen epätasaisesti.....</i>	<i>39</i>
Kuva 12.	<i>Työmaan aikataulutarkastelu.....</i>	<i>40</i>
Kuva 13.	<i>Talonrakentamisen pääryhmien standardikäyrät</i>	<i>50</i>
Kuva 14.	<i>Korjausrakentamisen pääryhmien standardikäyrät.....</i>	<i>52</i>
Kuva 15.	<i>Asuntorakentamisen pääryhmien standardikäyrät</i>	<i>53</i>
Kuva 16.	<i>Korjaus-, asunto- ja talonrakentamisen standardikäyrät</i>	<i>55</i>
Kuva 17.	<i>Aikataulutarkastelussa käytetyt käyrät.....</i>	<i>60</i>

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1.	<i>Mourujärven työssä tutkitut projektit yksiköittäin, toteutusmuodoittain ja maksuperusteittain.....</i>	<i>27</i>
Taulukko 2.	<i>Hankkeiden lukumäärät keston mukaan lajiteltuna</i>	<i>34</i>
Taulukko 3.	<i>Hankkeiden lukumäärät maksuperusteen, toteutusmuodon ja liiketoimintaprosessin mukaan jaoteltuna.....</i>	<i>34</i>
Taulukko 4.	<i>Hankkeiden lukumäärät rakennustyypeittäin jaoteltuna.....</i>	<i>35</i>
Taulukko 5.	<i>Hankkeiden lukumäärät kokonaiskustannusten perusteella lajiteltuna.....</i>	<i>36</i>
Taulukko 6.	<i>Talonrakentamisen pääryhmät</i>	<i>41</i>
Taulukko 7.	<i>Asuntorakentamisen pääryhmät</i>	<i>42</i>
Taulukko 8.	<i>Korjausrakentamisen pääryhmät</i>	<i>43</i>
Taulukko 9.	<i>Talonrakentamisen pääryhmäyhdistelmien painotetut keskiarvot</i>	<i>44</i>
Taulukko 10.	<i>Asuntorakentamisen pääryhmäyhdistelmien painotetut keskiarvot</i>	<i>45</i>
Taulukko 11.	<i>Korjausrakentamisen pääryhmäyhdistelmien painotetut keskiarvot.....</i>	<i>46</i>
Taulukko 12.	<i>Standardikäyrien kustannuskertymä hankkeen luovutushetkellä</i>	<i>56</i>
Taulukko 13.	<i>Standardikäyrien kustannuskertymä ajanhetkellä 25%</i>	<i>57</i>
Taulukko 14.	<i>Korjausrakentamisen pääryhmien virherajat aikataulutarkastelussa.....</i>	<i>58</i>
Taulukko 15.	<i>Aikataulutarkastelussa käytetyt mediaanivirheet</i>	<i>59</i>

LYHENTEET JA MERKINNÄT

AR	NCC Rakennus Oy:n asuntorakentamisen yksikkö
CPM	Critical Path Method, Kriittinen polku
Deterministinen malli	Ajattelumalli, jonka mukaan menneiden projektien avulla voidaan arvioida ja ennustaa tulevien hankkeiden kassavirtaa
EV	Earned Value, tuloksen arvo, ansaittu arvo
EVM	Earned Value Management, tuloksen arvo, ansaittu arvo
Idiografinen malli	Ajattelumalli, jossa etsitään yksittäisiä projekteja koskevia tarkkoja lakeja.
KRK	NCC Rakennus Oy:n korjausrakentamisen yksikkö
Nomoteettinen malli	Ajattelumalli, jonka mukaan lajitelluille tai lajittelemattomille rakennushankkeille on löydettävissä yleispäteviä lakeja kassavirran ennustamiseksi.
S-käyrä	Kustannusten kumulatiivista kertymistä ajan suhteen kuvaava käyrä
Stokastinen malli	Ajattelumalli, jonka mukaan kassavirtaennusteelle tulee arvioida variaatio
TR	NCC Rakennus Oy:n talonrakentamisen yksikkö
TRB	NCC Rakennus Oy:n toimitilapartnering-yksikkö
TRH	NCC Rakennus Oy:n Hämeenlinnan yksikkö
TRK	NCC Rakennus Oy:n korjausrakentamisen yksikkö, nykyisin nimellä KRK
TRL	NCC Rakennus Oy:n Lahden yksikkö
TRP	NCC Rakennus Oy:n pienkorjauksen ja ylläpidon yksikkö, nykyisin hajautettu yksiköihin KRK ja KRE
TRU	NCC Rakennus Oy:n toimitilaurakoinnin yksikkö
WBS	Projektin ositus

1. JOHDANTO

1.1 Diplomityön tausta

Yksi rakennushankkeen taloudellisen onnistumisen edellytyksistä on aikataulussa pysyminen, sillä se vaikuttaa olennaisesti projektin kustannuksiin, laatuun ja työturvallisuuteen. (Junnonen, 2010, s.17) Projektin etenemisen seurannassa ei kuitenkaan tulisi keskittyä vain tarkasteluhetkeä edeltäneiden tapahtumien kustannus- ja aikatauluseurantaan, vaan luoda myös arvio projektin onnistumisesta verrattuna suunniteltuun kokonaisbudjettiin ja aikatauluun. (Barraza et al., 2004) Vaikka aikataulu- ja kustannusseuranta ei itsessään vielä tee tappiollisesta hankkeesta kannattavaa, voi se parhaimmillaan varoittaa projektinjohtoa hankkeen ongelmista jo niiden ilmenemisen alkuvaiheessa, jolloin ongelmiin reagoiminen on vielä mahdollista. Aikainen reagointi voi kääntää hankkeen suunnan parempaan ja mahdollistaa tavoitteiden saavuttamisen.

Tämä tutkimus toteutettiin, jotta NCC Rakennus Oy saisi käyttöönsä nopean ja helppokäyttöisen menetelmän rakennustyömaiden aikataulutarkasteluun. Tämän kaltainen menetelmä on tehty yrityksen käyttöön jo vuonna 2009 Tero Mourujärven insinöörityössä, mutta se on saanut osakseen kritiikkiä eikä ole saavuttanut toivottua asemaa osana normaalia projektinseurantaa. Aihetta päätettiin tämän vuoksi tutkia alkuperäistä työtä tarkemmin, laajemmalla otannalla ja jaotteleamalla hankkeet selkeästi yrityksen yksiköjaon mukaan talon-, asunto- ja korjausrakentamiseen, sillä suurimmat kritiikin aiheet olivat rakennushankkeiden yksilöllisyys ja yksiköiden väliset erot.

1.2 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mitkä hankkeen ominaisuudet yhdistävät rakennushankkeiden kustannuskäyriä eniten ja vaikuttavat merkittävimmin kustannuskäyrän muotoon talon-, asunto- ja korjausrakentamisen kohteissa. Rakennushankeryhmille tuli myös määrittää kustannuskertymän standardikäyrä ja tälle käyrälle lähtöaineistoon perustuva virheraja. Näiden tulosten perusteella tavoitteena oli luoda yrityksen käyttöön aikataulutarkastelumenetelmä, joka ei vaadi käyttäjältään tarkempaa työmaahan tai projektiin tutustumista. Tarkoituksena olikin luoda menetelmä, jonka avulla nähdään suuntaa-antavasti, ollaanko tavoitteet saavuttamassa nykyisellä tahdilla, vai tulisiko työmaan etenemiseen kiinnittää tarkempaa huomiota.

1.3 Työn rajaukset

Työ on rajattu tarkastelemaan vuonna 2009 tai sen jälkeen valmistuneita, rakennusvaiheen kestoltaan yli kuuden kuukauden projekteja, asunto-, talon- ja korjausrakentamisen puolelta. Pienkorjaus on jätetty kokonaan tarkastelun ulkopuolelle. Näin sen vuoksi, että tutkimuksessa haluttiin käyttää mahdollisimman tuoretta kustannustietoa ja samalla tarkastella ovatko kustannuskertymät muuttuneet edellisen työn jälkeen, reilussa viidessä vuodessa. Pienkorjaus rajattiin tutkimuksen ulkopuolelle sen selkeästi muista poikkeavan projektityypin ja kustannuskertymän vuoksi.

Tutkimuksessa on keskitytty vain rakennusvaiheen kustannuksiin, eli suunnittelusta ja hankkeen valmistelusta syntyvät kustannukset rajattiin tarkastelun ulkopuolelle. Hankkeiden ominaisuuksista on tarkasteltu vain rakennusvaiheen kestoa, kustannuksia, maksuperustetta, toteutusmuotoa, rakennustyyppiä ja liiketoimintaprosessia, sillä nämä tiedot olivat saatavilla kaikista tutkituista hankkeista yrityksen yleisessä projektidatapankissa. Tarkasteluvälille osuvat hankkeet, joiden tietoja ei löytynyt projektidatapankista, on rajattu tutkimuksen ulkopuolelle.

1.4 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen suoritus

Tutkimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi tutustuttiin työn aihepiiriin teoreettiseen taustaan ja aikaisemmin aiheesta tehtyihin tutkimuksiin. Teoreettisen taustan avulla selvitetiin erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja, joita olisi mahdollista hyödyntää tässä tutkimuksessa sekä yritykselle luotavassa aikataulutarkastelumenetelmässä. Tämä työ pohjautuu NCC Rakennus Oy:ltä saatuun tutkimusaineistoon, joka koostui rakennushankkeiden kuukausittaisista kustannustiedoista. Kaikki tutkitut hankkeet olivat valmistuneet vuonna 2009 tai sen jälkeen. Saadut tiedot analysoitiin taustaselvityksen perusteella valitulla tarkastelutavalla ja tulosten pohjalta luotiin Microsoft Excel –pohjainen aikataulutarkastelutyökalu yrityksen käyttöön.

2. TEOREETTINEN TAUSTA

2.1 Aikatauluhallinta

Aikatauluhallinta ja –seuranta on merkittävä osa rakennusprojektin hallintaa. Junnosen (2010, s.17) mukaan aikataulussa pysymisellä on vaikutusta hankkeen kustannuksiin, työn laatuun sekä työturvallisuuteen. Projektin kustannusylitykset aiheutuvatkin usein aikatauluviiveestä, jota on kiritty ylitöillä ja kalliilla lisäresursseilla. (Pelin, 2011, s.106) Kustannushallinnan lisäksi aikatauluseuranta onkin tärkeä osa rakennustöiden laadunvarmistusta. (Ratu KI-6025, 2014, s.26) Huono aikataulunpito johtaa usein laatuvirheisiin, eikä kohteen luovutusta saada valmisteltua kunnolla. (Koskenvesa and Sahlstedt, 2011, s.41)

Aikatauluseurantaa tulisi tehdä koko projektin ajan. Sitä varten on määritettävä, missä projektin vaiheessa ollaan tarkasteluhetkellä. On myös tunnistettava aikaisemmin määriteltyn aikatauluun tehdyt muutokset ja niiden vaikutukset sekä pyrittävä reagoimaan negatiivisiin muutoksiin mahdollisimman nopeasti. (Sun, 2008, s.160) Työmaan ajallisten tavoitteiden saavuttaminen on mahdollista varmistamaan huolellisella aikataulusuunnittelulla ja kiinnittämällä huomiota tuotannonohjaukseen. Aikataulun toteutuminen on tärkeää paitsi urakoitsijalle, myös projektin tilaajalle ja tilan käyttäjille, sillä projektin viivästyminen tarkoittaa heille usein taloudellisia menetyksiä ja ylimääräistä haittaa. Korjaus- ja muissa rakennushankkeissa tuotannon laatuna voidaankin pitää työmaan valmistumista aikataulussa, kustannustavoitteessa, turvallisesti ja asetettujen laatutavoitteiden mukaisesti. (Ratu KI-6019, 2011, s.12 ja s.22)

2.1.1 Aikataulutyyppejä ja seurantamenetelmiä

Hankeaikataulu on rakennuttajan hankesuunnitteluvaiheessa laatima aikataulu koko rakennushankkeen läpiviemiseksi. Se luo puitteet ja tavoitteet hankkeen eri rakennusvaiheiden ajoituksesta ja kestosta. Näitä tavoitteita muut aikataulut pyrkivät toteuttamaan. Hankeaikataulu on voimakkaasti sidoksissa valittuun urakkamuotoon, sillä se vaikuttaa esimerkiksi tarjouspyynnön ja kilpailutuksen ajankohtaan ja siten hetken, jonka jälkeen päätoteuttaja on mukana toteuttamassa hanketta. Toteutusmuodosta riippuu myös suunnittelun ajankohta ja suunnitelmien valmiusaste hankkeen tarjouspyyntövaiheessa. (Koskenvesa and Sahlstedt, 2011, s.41)

Urakoitsijan tai päätoteuttajan kannalta keskeisin aikataulu on hankkeen yleisaikataulu. (Koskenvesa and Sahlstedt, 2011, s.43) Yleisaikataulu toimii työmaan resurssisuunnitelmien, kuten työvoima-, hankinta- ja kalustosuunnitelmien lähtötietona sekä tarkempien aikataulujen, kuten rakentamisvaiheaikataulujen ja viikkoaikataulujen poh-

jana. (Junnonen, 2010, s.22) Yleisaikataulun laatiminen on päätoteuttajan, muiden urakoitsijoiden ja tilaajan Rakennusalan yleisissä sopimusehdoissa (YSE 1998) mainittu velvollisuus.

Työmaan aikatauluja voidaan laatia ja esittää monin erilaisin tavoin. Yleisesti käytännön vaatimukset sanelevat, mitä aikataulun esitystapaa käytetään; onko aikataulun oltava selkeä ja nopealukuinen, yksityiskohtainen lyhyelle ajanjaksolle, vai huomioiko se kokonaisuuden. Rakennustyömailla perinteisin aikataulun esitystapa on jana-aikataulu (Junnonen, 2010, s.13) ja sitä käytetään edelleen pääaikatauluissa, johdon yhteenvedoissa ja tilanneraporteissa. Jana-aikataulussa työn edistymistä voidaan seurata tummentamalla lohkoja tai merkitsemällä murtoviiva tarkasteluhetkeen. Eri työvaiheiden etenemistä voidaan arvioida monella tavalla, esimerkiksi valmiusasteen tai tehtyjen määrien perusteella. Jana-aikataulusta ei kuitenkaan voi lukea työvaiheiden paikkakohtaista etenemistä. (Koskenvesa and Sahlstedt, 2011, s.21-22) Työmaan aikataulu voidaan esittää myös toimintaverkkona, jotka luokitellaan piirtämistavan nuoli- ja lohko-verkkoihin. (Jokinen, 2001, s.102-103) Kaikista toimintaverkoista ilmenee projektin kriittinen tehtäväketju, sekä työtehtävien välinen pelivara. Myös toimintaverkkoihin perustuvissa aikatauluissa voidaan työn etenemistä seurata tummentamalla suoritettut tehtävät ja piirtämällä murtoviiva tilannekatsauksen kohdalle jana-aikataulun tavoin. (Pelin, 2011, s.126 ja s.138)

Vinoviiva-aikataulu voi perustua paikka-aikakaavioon tai tuotantokaavioon. Paikka-aikakaaviossa viivat kuvaavat tuotannon etenemistä ajan ja paikan suhteessa, minkä vuoksi hanke on ensin jaettava osakohteisiin, joilla on määrätty suoritusjärjestys. (Koskenvesa and Sahlstedt, 2011, s.25) Aikataulun esitystapana paikka-aikakaavio vahvuuksia jana-aikatauluun ja toimintaverkkoon nähden ovat muun muassa sen kyky osoittaa, onko tuotanto pysynyt määrällisesti ja ajallisesti suunnitellulla tasolla. Vinoviiva-aikataulua seurataan osakohde kerrallaan työn valmiusasteen perusteella ja toteutunut työ merkitään aikatauluun katkoviivalla. (Junnonen, 2010, s.47)

Toimivalla aikatauluseurannalla voidaan ennakoida ja ennaltaehkäistä tulevia kriisitilanteita. (Kankainen and Kolhonen, 2002) Se kuitenkin vaatii edistymistietojen keräämistä, aikataulun päivittämistä, poikkeaminen tunnistamista ja korjaustoimenpiteisiin ryhtymistä. (Pelin, 2011, s.135) Tuotantoaikakaavio toimii hyvin esimerkiksi tuotantonopeuden ja tuotannon vaiheen kehityksen seuraamiseen. Aikatauluseurantaa voidaan tehdä merkitsemällä suunnitellun tuotantokäyrän viereen toteutunutta tuotantotahdia kuvaava käyrä. Työtahdissa mahdollisesti havaitut häiriöt ja niiden syyt voidaan kirjata kaavioon, mikä helpottaa ongelmiin puuttumista ja jälkianalyysiä. Aikatauluseuranta valvontavinjetin avulla perustuu samoihin lähtökohtiin kuin paikka-aikakaavio aikatauluseuranta, mutta edistymistä seurataan vinoviivojen sijasta erillisen taulukon avulla. (Koskenvesa and Sahlstedt, 2011, s.27-31)

Tietomallien yleistyessä ja kehittyessä ne ovat mahdollistaneet rakennushankkeiden 4D-suunnittelun. Tietomalliin pystytään sisällyttämään paitsi mallinnettujen rakenteiden, rakenneosakokonaisuuksien ja –kokoonpanojen aikataulut, myös suunnitteluai-
kataulu. Aikataulu voidaan jakaa hankkeen eri osapuolille 4D-mallista tulostettuna, jos-

ta tarpeesta riippuen saadaan näkyviin eri päivinä, viikkoina tai kuukausina toteutettavat rakenneosat. Tämä helpottaa esimerkiksi täydentävän suunnittelun aikataulutusta ja kriittisten työvaiheiden tarkastelua. (RT 10-11078)

2.1.2 Ajan ja kustannusten optimointi

Pelinin (2011, s. 106) mukaan hankkeen onnistumisen kannalta on erittäin tärkeää, että hankkeen aikataulu on realistinen ja toteutettavissa, muttei liian löysä, sillä rakennusaikaa lyhentämällä pystytään pienentämään siitä aiheutuvia rahoituskuluja.

Hankkeen aikataulua tehdessä on aina tarkastettava, onko projektin kestoa mahdollista lyhentää ja millaisia kustannusvaikutuksia lyhentämisellä olisi. Projektin nopeuttaminen voi lisätä yksittäisten tehtävien työ kustannuksia, mutta samalla aikataulun nopeutuminen tuottaa huomattavia kustannussäästöjä välillisissä kustannuksissa, jotka näkyvät muun muassa investoinnin tuottona ja tilaajalta saatuna aikaisempina maksuerinä. Tehtävien suoritusaikaa voidaan nopeuttaa esimerkiksi ylitöillä, lisäresursseilla sekä tehokkaammilla koneilla. Jos projektin kriittisen polun tehtävää lyhentää, näkyy vaikutus projektin kokonaiskestossa. Haaste on optimoida tehtävään suoritukseen kuluva aika ja siitä muodostuneet kustannukset. Optimin löytämiseksi Pelin (2011, s.179-180) suosittelee seuraavia vaiheita:

- selvitetään tehtävien aika-kustannusriippuvuus
- selvitetään tehtävän nopeuttamisesta saatavat välillisten kustannusten säästöt
- etsitään kriittisen polun tehtävä, jonka lyhentämisestä syntyvät lisäkulut ovat pienimmät
- kriittisen polun tehtäviä lyhennetään, kunnes lyhentämisestä syntyvät säästöt ovat pienemmät kuin siitä aiheutuneet kulut

Projektin kokonaisaikataulua muokatessa on huomioitava muutoksen vaikutukset projektin jokaiseen vaiheeseen. Projektiin saattaa syntyä uusia kriittisiä polkuja ja yhden tehtävän lyhentäminen ei enää riitä kokonaisaikataulun nopeuttamiseksi ja siten tuo kaihuttuja kustannussäästöjä. (Pelin, 2011, s.183)

2.1.3 Korjausrakentamisen aikataulutus

Korjausrakentamisen aikataulutus on monella tavalla erilaista kuin uudiskohteen aikataulutus. Koskenvesan ja Sahlstedtin (2011, s.88) mielestä korjaushankkeissa on huomioitava ainakin:

- purku-, tuenta-, ja vahvistustyöt
- korjausasteen vaihtelu kohteen sisällä
- vanhojen rakenteiden tarkka kunto usein tuntematon
- työkohteiden ahtaus
- käyttäjien tarpeet
- tilapäiset asennukset ja rakenteet
- tilakohtainen sallittu rakennusaika

- tilan käyttäjät korjaustyön aikana

Korjausrakentamisessa rakentamisvaiheessa ilmeneviin aikatauluviivästyksiin on hyvä varautua jo hanke- ja tuotantosuunnittelua tehdessä. Häiriöpelivaraa tulisi jättää 20–50 % purkutyön kestosta. Aikataulua laatiessa on hyvä huomioida myös muut viivytystä aiheuttavat seikat, esimerkiksi tontin ja työkohteen ahtaus. Nostokoneita tai siirtolaitteita ei useinkaan voida hyödyntää korjaustyömailla tehokkaasti vaan työmiehet vastaavat materiaalin siirtelystä, mikä tarkoittaa lisääntyvää aika- ja henkilöresurssin tarvetta. Sekä tilaajan että korjausurakoitsijan kannattaa huomioida nämä häiriövarat ja lisääntyneet resurssitarpeet aikataulu- ja kustannussuunnittelussaan sekä varautua mahdollisiin lisä- ja muutostöihin. (Ratu KI-6019, 2011, s.20)

2.2 Kustannushallinta

Rakennusprojekti on itsenäisesti toimiva hanke, jonka on tarkoitus toimia työmaavaiheessa omilla rahoillaan. Tämä vaatii kustannusohjausta ja –valvontaa koko hankkeen ajan. (RATU S-1229)

2.2.1 Kustannusarviointi

Kustannusarvio on ennuste projektin aikana syntyvistä kustannuksista ja usein siihen liitetään merkintä arvion tarkkuudesta esimerkiksi prosentuaalisena vaihteluvälinä. (Artto et al., 2006, s.159) Kustannusarvio toimii yleensä kustannusvalvonnan vertailukohtana. On kuitenkin huomioitava, että arvio on luonteeltaan ennuste, eikä voi koskaan olla lähtötietojaan luotettavampi. (Pelin, 2011, s.166–167) (Artto et al., 2006, s.163–166) Lähtötietoja voivat tarjota muun muassa aikaisemmat samantyyppiset projektit tai hankkeet, tekijän oma kokemus aiheesta ja hanketta varten pyydetty ennakkotarjouspyynnöt. (Enkovaara et al., 2006, s.161-162)

Lopullinen kustannusarvio pohjautuu projektin toteutussuunnitelmiin ja tehtyihin urakkasopimuksiin. Tällöin arvion tarkkuus on lähteestä riippuen noin 5 % luokkaa ja pienet projektit pyritään arvioimaan hyvinkin tarkasti. Lopullinen kustannusarvio toimii vertailupohjana projektinaikaiselle kustannusseurannalle. (Pelin, 2011, s.167) (Artto et al., 2006, s.162)

Kustannusarvioinnin apuvälineenä käytetään projektin ositusta, josta käytetään yleisesti lyhennettä WBS (Work Breakdown Structure). (Pelin, 2011, s.91) Projektin ositus kuvaa hierarkkisesti eri tasoille jaoteltuna kaikki projektiin sisältyvät tehtävät. Nämä työpaketit saavat kukin oman budjettinsa ja osituksessa voidaan myös ottaa kantaa tehtävien vastuujaan. Projektin osituksen avulla määritellään aikataulu- ja kustannusseurannassa valvottavat tehtäväpaketit, joten projektin ositustavalla on suuri merkitys hankkeen jatkoon kannalta. Projektin ositus voidaan suorittaa lukuisilla eri tavoilla, joista yleisimmät ovat vaiheittainen, rakenteellinen, työlaajin mukainen ja järjestelmiin osittaminen. Usein lopullinen ositus on näiden ositusmenetelmien yhdistelmä. (Artto et al.,

2006, s.112) (Golany and Shtub, 2001, s.1263–1280) Rakennuslaskennalla WBS:n pohjana käytetään usein Talo nimikkeistöä, joista Talo 80 on yleisesti käytössä. Esimerkiksi NCC Rakennus Oy:n käyttämä litterointiohje pohjautuu alun perin Talo 80:n rakentamisosanimikkeistöön. Rakennusosanimikkeistö jakaa hankkeen kustannukset kymmenen pääryhmään. Tässä diplomityössä tarkastellaan pääryhmiä 1-9, mikä tarkoittaa, että pääryhmä 0 eli rakennuttajan kustannukset jäävät tarkastelun ulkopuolelle. Rakennuttajan kustannuksiin kuuluvat muun muassa rahoitus- ja suunnittelukustannukset sekä rakennuttaminen ja valvonta. (Enkovaara et al., 2006, s.25-27)

Vaikka kustannusarvio perustuu projektin ositukseen ja työtehtävistä kertyviin kustannuksiin, tulee projektille määrittää myös aikaan sidottu kustannusarvio ja budjetti. Aikaan sidonnaisuus tarvitaan yrityksen oman talouden suunnittelun takia, sillä kustannusten realisoitumisen ajankohdalla on merkitystä muun muassa yrityksen maksukykyyn. (Artto et al., 2006 s.164) Täydellisen tarkkaa kulujen kohdistusta kalenterikauksille ei kuitenkaan pystytä tekemään, vaan kuukausien välille syntyy aina siirtoja. Kustannusvalvonnassa nämä siirrot tulee huomioida, jotta voidaan luoda kuva projektin todellisesta tilanteesta. (Pelin, 2011 s.171–173)

Projektin budjetti sisältää projektin toteuttamiseen varatut kustannukset. Hankkeen suoritusta mitattaessa toteutuneita kustannuksia verrataan projektin budjettiin, joten on tärkeää että laadittu budjetti on riittävän yksityiskohtainen ja realistinen. (Artto et al., 2006 s.164–166)

Kustannuslaskennan tarkoituksena on selvittää rakennushankkeen läpivientiin tarvittavat resurssit ja niistä aiheutuvat kulut sisältäen ainakin työn, materiaalin ja erilaisten tukitoimintojen tarpeen. (Sun, 2008 s. 168) Enkovan (2006 s.48–49) mukaan projektin alussa laadittu kustannuslaskelma on kuitenkin aina epätarkka ja vain sen hetken paras arvio vaadittavista kustannuksista. Epätarkkuutta laskelmaan aiheuttavat usein puutteelliset suunnitelmat ja olosuhteiden muutokset, joihin voidaan varautua erillisellä riskivaruksella. Hankkeen piirustuksissa voi olla myös ristiriitaisuuksia, joista kustannuslaskija on joutunut oletamaan jonkin vaihtoehdon oikeaksi. Tämän lisäksi kustannuslaskentaa tehdessä hankkeen määrät ja yksikkökustannukset voidaan arvioida väärin, minkä riski kasvaa jos laskentaan ei ole käytettävissä tarpeeksi aikaa tai työresursseja. Jotta hankkeen toteuman vertailu kustannusarvioon onnistuisi, tulee laskennan olla mahdollisimman yksityiskohtainen ja sen laatimisesta on hyvä kirjoittaa mahdollisimman tarkka laskentamuistio. Laskentamuistiossa tulee esittää vähintään kaikki laskennan aikana tehdyt oletukset ja poikkeamat suunnitelmista. (Enkovaara et al., 2006 s.37–49) Varsinaisen rakennussuorituksen lisäksi rakennushankkeen työmaavaiheen aikaisiin kustannuksiin kuuluvat käyttö- ja yhteiskustannukset, jotka on merkitty Talo 80 pääryhmiin 8 ja 9. (Enkovaara et al., 2006, s.24-28)

Rakennusurakan yleiset sopimusehtojen (YSE 1998) mukaan ”urakoitsija on velvollinen toteuttamaan tilaajan vaatimat muutostyöt, elleivät ne olennaisesti muuta urakasuoritusta toisen luonteiseksi”. Muutosta kutsutaan lisätyöksi, jos se ei täytä edellä mainittuja ehtoja. Vaikka urakoitsija on yleisten sopimusehtojen mukaan velvoitettu suorittamaan tilaajan haluamat muutostyöt, ei muutostöistä mahdollisesti syntyvät kus-

tannukset jää urakoitsijan maksettaviksi, vaan rakennuttajalla on velvollisuus korvata lisäkustannukset. Toisaalta, jos muutostyöt vähentävät urakoitsijan kuluja, tulee myös se huomioida urakkahinnassa, tosin pääperiaate on, että urakoitsijan hankekate ei piene. Tällä varmistetaan urakoitsijalle hankkeesta yleiskuluina johtuvien kustannusten kattaminen. Muutostyöt voidaan hinnoitella yksikkö-, kokonais-, tai omakustannushinnalla. (RIL 262-2014, 2014, s.226) (Enkovaara et al., 2006, s.182-184)

2.2.2 Urakoitsijan tuotantosuunnitelmat

Hankkeen päätoteuttajan kustannustavoitteet perustuvat tuotantomenetelmien pohjalta tehtyihin laskelmiin. Valitut tuotantomenetelmät taas määräytyvät tarjousvaiheessa määritellyn kustannuspuitteen mukaan, jonka pohjalta laaditaan menetelmäkohtaiset kustannus-, aika- ja määrätavoitteet. Nämä tavoitteet kuvataan tuotantosuunnitelmina ja tavoitelaskelmina, joita ovat tuotanto-, tehtävä-, hankinta-, työmaatekniikka- ja vastuu-alue-laskelma. (Enkovaara et al., 2006, s.156-157)

Rakennushankkeen toteutusvaiheessa tuotannon eteneminen laadittujen aikataulujen mukaisesti voidaan varmistaa hankinta- ja tuotannonsuunnittelulla. Projektin hankintojen koot sekä kokonaiskustannusten tavoitteet asetetaan hankkeen aikataulun ja tavoitebudjetin perusteella ja ne esitetään hankintalaskelmassa. Hankintalaskelmassa tavoitteet voidaan määritellä yrityksen omaan kustannuslaskennan tai tarjousvaiheessa muiden osapuolten antamien kirjallisten ennakkotarjousten ja alustavien kyselyiden tulosten pohjalta. Tavoitteista osa voi perustua myös kustannuslaskijan omaan, kokemusperäiseen tietoon. Tavoitteet on kuitenkin eriteltävä mahdollisimman tarkasti, jotta sopimushankinnan ja aliurakoiden kauppojen sisältöä on mahdollista muokata hankkeen edetessä ilman, että kauppojen vertailtavuus tavoitteeseen kärsii. Hankintalaskelma toimii hankintojen aikataulu- ja kustannusvalvonnan perustana. Kustannusvalvontaan kuuluu tehtyjen kauppojen vertailu samansisältöisiin kustannustavoitteisiin ja sen perusteella pyritään ennustamaan projektin taloudellista lopputulosta. Toimivan aikatauluvalvonnan kautta on mahdollista varmistaa hankintojen oikea-aikaisuus ja luoda projektin osatehtäville tarvittavat aloitusedellytykset. (Enkovaara et al., 2006, s.161-162) (Junnonen and Kankainen, 2012, s.28)

2.2.3 Projektin tulo-menosuunnittelu

Rakennushankkeen alussa tilaaja ja urakoitsija tekevät yhdessä projektin maksuerätaulukon, jossa näkyvät tilaajan urakoitsijalle maksamien osuuksien maksuperusteet. Urakoitsijan kannalta on sitä parempi mitä etupainotteisempi maksuerätaulukko on, sillä silloin tilaaja rahoittaa hankkeen, eikä urakoitsijan tarvitse hankkia rahoitusta omien kulujensa hoitoon. Tilaajalle taas on parempi, jos maksuerät maksetaan vain suoritettun työn perusteella. Maksuerät onkin usein sidottu rakennusosien valmistumiseen. Maksuerien suuruudet ja jakotavat voivat vaihdella suurestikin projektista toiseen eikä niiden perusteella voida suoraan päätellä projektin valmiusastetta. (Lindholm, 2009 s.39)

2.2.4 Korjausrakentamisen erityispiirteet

Korjausrakentaminen eroaa usein tietyiltä työsuorituksiltaan uudisrakentamisesta ja ne tulee huomioida kustannusarviota tehdessä. Tällaisia, vain korjausrakentamiselle ominaisia osasuorituksia ovat muun muassa rakennusosan purku- ja paikkaustyöt sekä purkuun liittyvä rakenteiden väliaikainen tuenta. Tarkinkaan korjaushankkeen kustannusennuste ei kuitenkaan pidä paikkaansa, jos kohteen ennakkotietoja ei ole selvitetty tarpeeksi tarkasti tai tehdyt selvitykset ovat virheelliset. (Enkovaara et al., 2006, s.89-91) Korjauskohteissa olemassa oleviin piirustuksiin ei voi aina luottaa, varsinkaan taloteknisten järjestelmien osalta, joiden piirustukset on voitu kopioida ohjeellisista piirustuksista. (RIL 258-2011, 2011, s.36) Tästä syystä kohteesta on aina hyvä selvittää korjattavien rakenteiden koostumus ja kunto sekä rakennusosien mitat ja tarkka sijainti. Lähötietojen epätarkkuudet aiheuttavat merkittävää vaihtelua kustannusennusteeseen sekä käytettävän menetelmän valintaan. (Enkovaara et al., 2006, s.90-91)

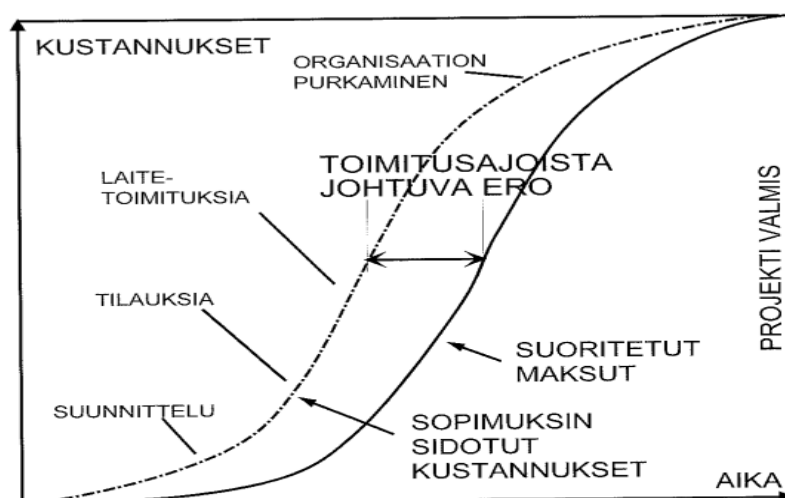
Korjausrakentamisen kustannuslaskentaan liittyvät ongelmat liittyvätkin usein juuri määrälaskentaan, jonka tekee vaikeaksi suunnitelmien tulkintavaikeudet, tiedon erittely ja kuvaus hinnoitteluun sopivaksi sekä vaikeudet oikeiden mittojen saamisessa. Mittauksissa ongelmia aiheuttavat lähinnä rakennusosien osakorjaukset. Suunnitelmien tulkintavaikeudet johtuvat suurelta osalta lähteinä olevien asiakirjojen epätäsmällisyydestä, sillä kattavan määrälaskennan tulisi huomioida myös eri työvaiheista aiheutuvat seurausvaikutukset, kuten purettavan seinän pintarakenteiden korjaus. Myös korjauksen laatutasovaatimukset tulee olla selkeästi määriteltä. Määräluetteloon merkitty tiedon erittely ja kuvaus hinnoitteluun sopivaksi voi suunnitelmien ohella aiheuttaa ongelmia määrälaskentaan, vaikka perusperiaate on sama kuin uudisrakentamisessa. Korjausrakentamisessa määrät kuitenkin käsitellään rakennusosittain ja niiden tulee sisältää kaikki suoritteet, jotka työn toteuttaminen vaatii. (Enkovaara et al., 2006, s.90-91)

2.2.5 Kustannusvalvonta

Kustannusvalvonta voidaan jakaa kolmeen osaan: sopimuksen teon yhteydessä tehtävään ennakkovalvontaan, kustannuspoikkeamien valvontaan työmaavaiheessa ja hankkeen loppukustannusten ennustamiseen. (RATU S-1229) Rakennusvaiheen alkaessa hankkeen kokonaiskustannusten suuruuteen ei enää voida kovinkaan merkittävästi vaikuttaa, vaan kustannusten kannalta ratkaisevat päätökset tehdään tarveselvitys- ja suunnitteluvaiheessa. Vaikuttamalla projektin alkuvaiheessa hankkeen laatutasoon ja laajuuteen, voidaan kokonaiskustannuksia muuttaa merkittävästi. Enkovaaran mukaan (2006, s.10–11) tilavuudeltaan tai pinta-alaltaan saman laajuisissa kohteissakin voi olla kustannuksiltaan suuria eroja, riippuen tilojen erilaisesta käyttötarkoituksesta ja varustelutasosta, tilojen sijoittelusta sekä rakennuspaikan tonttiolosuhteista ja perustamistavoista. Rakennusaikana tehtyjen päätösten vaikutukset realisoituvat toteutuneina kustannuksi-

na. Kokonaiskustannuksiin voidaan rakentamisvaiheessa vaikuttaa enää lähinnä menetelmävalintojen ja toteutuksen ohjauksen kautta. (Enkovaara et al., 2006, s.10–11)

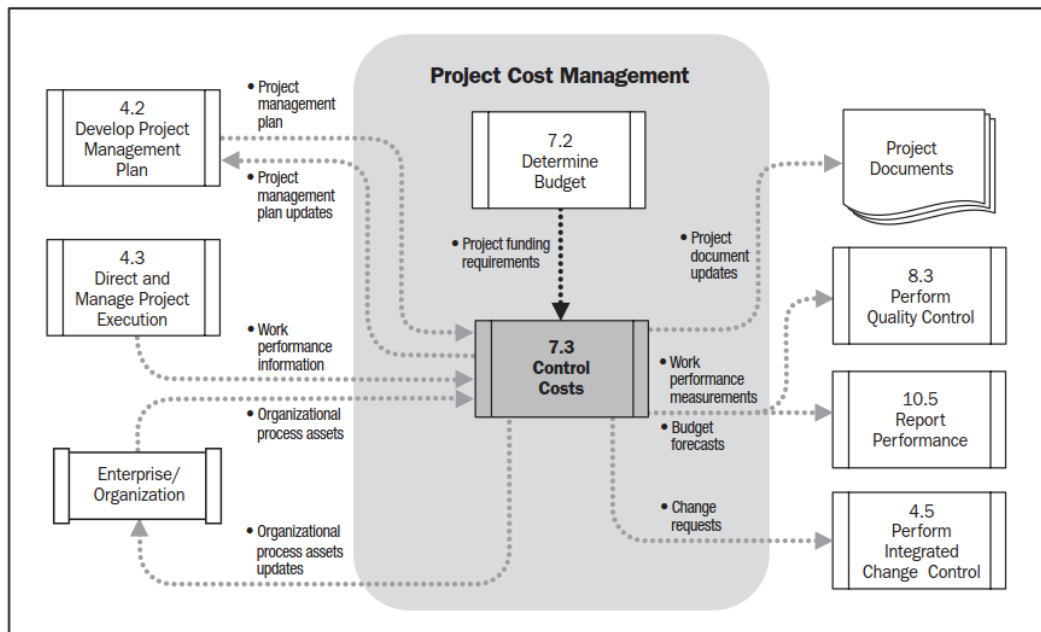
Työmaavaiheessa tehtävän rakennusprojektin kustannusvalvonnan merkitys perustuu sen kustannuspoikkeamien ennakoivaan havainnointiin, jonka avulla on mahdollista ohjata hanketta tavoitteen suuntaan. Hankkeen kustannusvalvonnassa noudatetaan usein suoriteperusteista kirjanpitoa, jossa kustannukset kirjataan toteutuneiksi tehdyn työn, hyväksytyjen laskujen ja maksuerien sekä kuormakirjojen perusteella. Kun tämän lisäksi huomioidaan tehdyt työkaupat ja sopimusten sopimushinnat sekä ostetut ja tilatut, mutta saapumattomat tarvikkeet, saadaan projektin sidotut kustannukset. (RATU S-1229) (Enkovaara et al., 2006, s.168)



Kuva 1. Sitoutuneet ja toteutuneet kustannukset (Pelin, 2011)

Kustannuksista seurataan usein sitoutuneita kustannuksia toteutuneiden kustannusten sijaan, koska näiden seurantatapojen välinen ero voi olla suuri, kuten kuvasta 1 on nähtävissä. Tämä ero johtuu useista eri tekijöistä ja voi vaihdella suuresti yrityksittäin, yksiköittäin ja projekteittain. Kustannukset usein sitoutuvat jo tuotteen tai palvelun tilausvaiheessa, jonka jälkeen täytyy odottaa toimitusaika, ennen kuin tuote saapuu työmaalle. Viimeistään toimituksen yhteydessä kustannukset ovat sitoutuneet täysimääräisesti hankkeelle. Tuotteen tai palvelun toimittaja ei aina välitä laskua toimituksen yhteydessä, vaan sitä saadaan odottaa laskutusaika. Laskun saavuttua lasku siirtyy yrityksen sisäisen laskunkäsittelyn kautta maksuun ja maksun jälkeen se raportoidaan projektin kustannusraporttiin, jolloin ne merkitään toteutuneiksi kustannuksiksi. Kaikkeen tähän voi kulua aikaa useita kuukausia. (Pelin, 2011, s.174-175)

Kustannusseurannassa huomioidaan toteutuneiden ja sidottujen kustannusten lisäksi myös keskeneräisistä töistä aiheutuneet kustannukset. Keskeneräisten töiden kustannusten arvioimiseksi on tiedettävä kunkin työn valmiusaste ja sille kirjatut kustannukset. Näin kertyneistä kumulatiivisista kustannuksista on mahdollista päätellä projektin tulevaa kustannusylitystä tai -alitusta ja tarvittaessa ryhtyä tarvittaviin korjaaviin toimenpiteisiin. (Sun, 2008, s.179-180)



Kuva 2. Projektin kustannusvalvonta (Sun, 2008)

Projektin kustannusvalvonnassa on tärkeää varmistaa tiedon liikkuvuus ja ajantasaisuus. Se vaatii jatkuvaa vuoropuhelua projektin eri osapuolten välillä, jotta toteutussuunnitelmia ja kustannusennustetta voidaan muokata projektin nykyhetkeä vastaavaksi. Kustannusvalvonnan tärkein tavoite onkin hankkeen tavoitteenmukaisen etenemisen varmistaminen. Kustannusvalvonnasta syntyy raportteja paitsi projektinjohdolle, myös korkeammalle yrityksen johdolle. Nämä raportit sisältävät tilanne-, ennuste- ja toimenpidekatsauksia ja voivat tarjota myös vaihtoehtoisia ratkaisumalleja. Raportteja laadittaessa on tärkeä huomioida, että ne kuvaavat tilanteen kehityksen ja mahdolliset poikkeamat syineen mahdollisimman selkeästi ja tiiviisti esimerkiksi graafisessa muodossa. (Enkovaara et al., 2006, s.167-168, 176)

2.3 Ajallisen ja taloudellisen edistymisen arviointi

Rakennushankkeiden edistymistä voidaan arvioida ja seurata monin eri tavoin ja usein seurannan tavoitteena on tuottaa arvio hankkeen ajallisesta ja taloudellisesta lopputuloksesta. Tarkkaa arviota on kuitenkin vaikea luoda, sillä rakennushankkeet sisältävät usein ennalta arvaamattomia kustannusvaihteluita, materiaaliivivästyksiä ja suunnitelmamuu-toksia. Barraza et al. (2004) kutsuukin hankkeen alkuperäistä kustannusarviota vain ensimmäiseksi kustannusennusteeksi, joka tarkentuu projektin edetessä.

Rakennushankkeiden toteutusvaiheessa nykytilan määrittämisessä ja ennustamisessa laajasti käytetty menetelmä on niin kutsuttu S-käyrä (Blyth and Kaka, 2006). S-käyrä koostuu hankkeen kumulatiivisista kustannuksista, jotka merkitään kaavion y-

akselille, ajan edetessä pitkin x-akselia (Taylor, 2007, s.128). Kaarteet käyrän alussa ja lopussa kuvaavat hankkeen etenemisen olevan hitaampaa käynnistys ja viimeistelyvaiheessa ja nopeinta projektin keskivaiheilla (Chao and Chien, 2009). Yksittäisten ajanjaksojen kustannuksia tarkasteltaessa kustannukset usein muodostavatkin normaalijakaumaa muistuttavan muodon. Kumulatiivisia kustannuksia seuraava S-käyrä saa nimensä sen litistettyä S-kirjainta muistuttavasta muodosta. (Taylor, 2007, s.128) Vaikka suurimman osan projekteista kustannuskäyrä muistuttaa S-käyrää, vaikuttaa jokaiseen niistä kuitenkin hankkeen eri ominaisuudet luoden kullekin käyrälle yksilöllisen muodon (Chao and Chien, 2009).

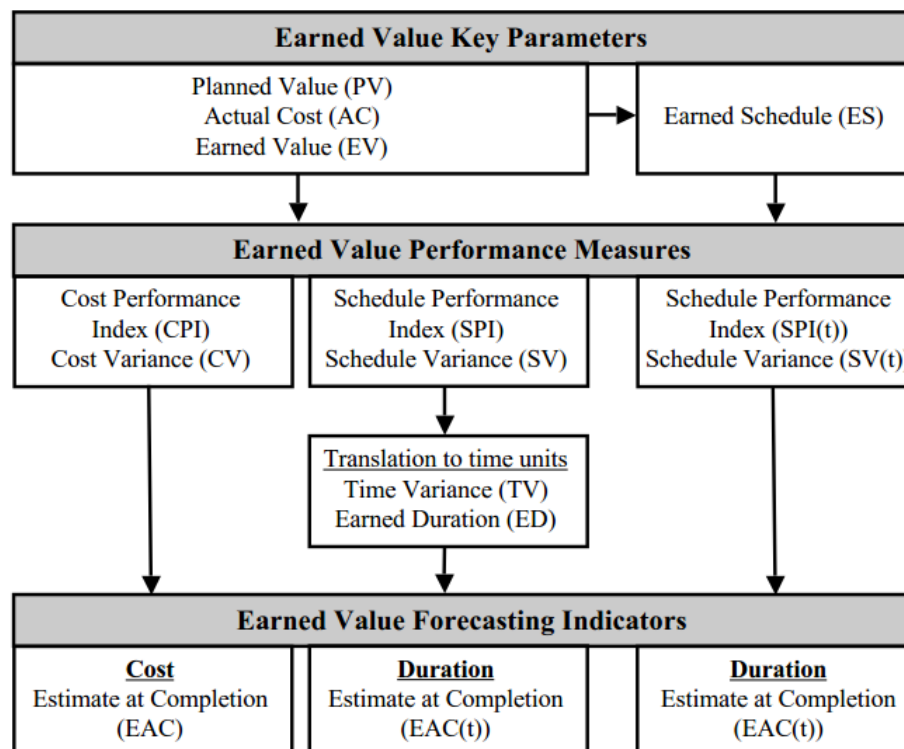
S-käyrää käytetään rakennushankkeissa laajasti, sekä tilaajan että urakoitsijan toimesta (Chao and Chien, 2009). Se toimiikin yksinkertaisuutensa ja helppolukuisuutensa ansiosta erinomaisesti projektin rakennusaikaiseen nopeaan tarkasteluun ja tilannearvion luomiseen. Muodon yksinkertaisuus mahdollistaa myös toteutuneen ja tavoitearvion mukaisen kustannuskäyrän piirtämisen samaan kuvaajaan, mikä helpottaa tilannearvion laadintaa. (Taylor, 2007, s.128) S-käyrää hyödynnetäänkin monissa eri aikataulu- ja kustannusseurantamenetelmissä, joita on esitelty myöhemmin tässä luvussa. Käyrän ominaisuus esittää projektin eteneminen yksinkertaistetussa muodossa, tulee kuitenkin huomioida arvioita tulkitessa. Siihen pohjautuvia menetelmiä ei voidakaan suositella käytettäväksi ainoana hankkeen etenemisen mittarina, vaan tarkkoja välitavoitteita ja virstanpylväitä tulee myös asettaa erityisesti suuremmissa hankkeissa. (Chao and Chien, 2009) Niiden seuraamisessa voidaan hyödyntää luvussa 2.1.1 esiteltyjä aikataulunseurantamenetelmiä.

2.3.1 Tuloksen arvon menetelmä (Earned Value Management)

Tuloksen arvon tai ansaittu arvon menetelmällä (Earned Value Management, EVM) on mahdollista mitata ja tutkia projektin etenemistä sekä seurata kustannus- ja aikataulueroa suunnitelman mukaiseen verrattuna. Tuloksen arvo myös yhdistää projektihallinnan kolme kriittistä elementtiä: laajuus-, aika- ja kuluhallinnan. Toteutuneita kustannuksia ja aikataulua verrataan suunnitelmiin lähes kaikissa projekteissa. Tuloksen arvon menetelmässä siihen yhdistetään tehdyn työn laajuuden tarkastelu ja käytetään kaikkien elementtien tarkastelualustana projektin kustannuksia. (Cioffi, 2006)

Menetelmän etuna ovat sen tarjoamat indikaattorit projektin tuloksen ennustamiseksi ja mahdollisten korjaavien toimenpiteiden tarpeellisuuden osoittaminen jo projektin alkuvaiheessa. Tätä varten on selvitettävä projektissa tehty työ, siihen kulunut aika ja työstä aiheutuneet kulut. Seuraamalla projektin indikaattoreita, voidaan tuloksen arvoa mitata hankkeen alusta saakka ja menetelmän antamia lukuja voidaan pitää luotettavina ja tarkkoina tuloksen kuvaajina, kun projektin valmiusaste on vähintään 15 % (Fleming and Koppelman, 1998). Projektin valmiusasteen määrittäminen ei kuitenkaan ole aivan yksiselitteistä ja on aina sitä vaikeampaa, mitä uudempi ja tuntemattomampi projekti, työvaihe tai työtehtävä on arvion laatijalle. (Anbari, 2003)

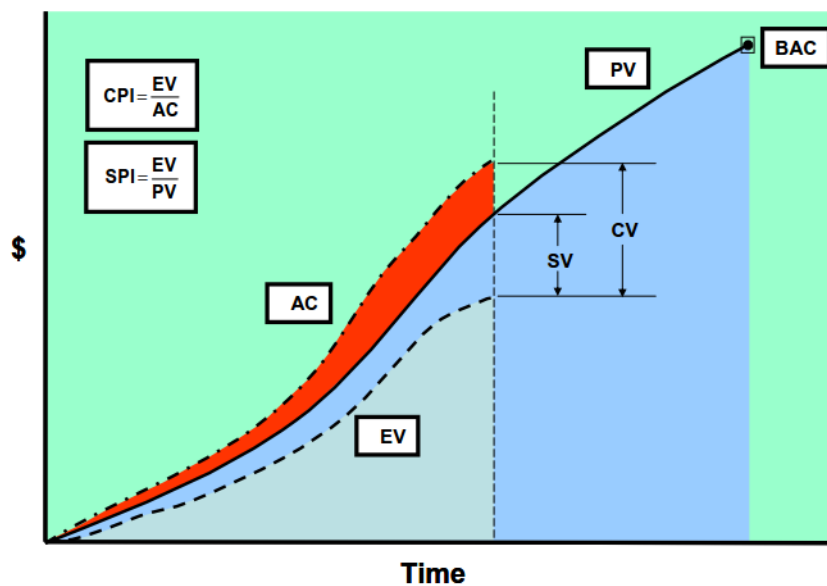
Tuloksen arvon menetelmässä projektin eteneminen on määriteltävä tarkasti, mikä rakennushankkeissa on tavallista. Projektin osituksen (WBS) avulla määritellään kunkin osaprojektin aikataulu, järjestys sekä milloin projekti on valmis. Projektin 100 % valmiusasteen määrittäminen ei kuitenkaan ole helppo tehtävä, Fleming ja Koppelmanin (1998) mukaan se voi olla jopa menetelmän vaikein osuus, sillä hankkeen suunnitelmat voivat muuttua projektin edetessä. Jotta projektin etenemistä voitaisiin tutkia, on työlle ja työvaiheille kuitenkin määriteltävä, milloin 100 % valmiusaste saavutetaan. Samoin työlle on määriteltävä yksityiskohtainen aikataulu ja jokaiselle työvaiheelle arvioidut resurssit projektin alusta loppuun saakka. Tuloksen arvon menetelmän suurimmista hyödyistä on sen kyky ennustaa projektin loppukustannuksia ja hankkeen valmistumisajankohtaa vertaamalla jo suoritettujen työn tuloksia hankkeen suunnitelmiin. Tuloksen arvon menetelmä onkin saavuttanut suuren suosion, sekä yksityisellä että julkisella sektorilla. Kim et al. (2003) teettämän kyselyn mukaan 82 % menetelmää käyttäneistä projektipäälliköistä hyväksyy tai suuresti hyväksyy menetelmän käytön. (Kim et al., 2003)



Kuva 3. Tuloksen arvon yksiköt (Vanhoucke, 2009)

Tuloksen arvon määrittämisessä on vakiintunut tiettyjen yksiköiden käyttö ja nämä ovat esitettyinä kuvassa 3. Projektin aikataulu- ja kustannusseuranta tehdessä tuloksen arvon menetelmällä tulee kullekin tarkasteluhetkelle laskea erikseen tuloksen arvon yksiköt. Yksiköistä Planned Value (PV) on aikaan sidottu kustannuskäyrä, joka muodostuu työn suorittamiseksi hyväksytystä, alkuperäisestä budjetista. PV on arvo, jonka suoritettujen työn tulisi tuottaa projektille ja siihen voidaan viitata myös nimellä suunnitellun työn budjetoidut kustannukset (Budgeted Cost of Work Scheduled, BCWS) tai lyhen-

teellä C_s lähteestä riippuen. Kun kunkin työn suunniteltu arvo yhdistetään kumulatiiviseksi S-käyräksi, saadaan projektin lopullinen budjetti, Budget at completion (BAC). Työn todellisten kulujen mittari on Actual Cost (AC), jota kirjallisuudessa kutsutaan myös tuotetun työn toteutuneiksi kustannuksiksi, Actual Cost of Work Performed (ACWP) tai lyhenteellä C_a . Kumulatiivisesti seurattuna myös AC muodostaa S-käyrän. Yksikkönä tuloksen arvo (EV) tarkoittaa tehdyn työn budjetoituja kustannuksia, jota kutsutaan myös Budgeted Cost of Work Performed (BCWP) ja lyhenteellä C_b . Selkeyden vuoksi tässä työssä käytetään jatkossa vain Tuloksen arvo -standardin mukaisia lyhenteitä EV, AC ja PV. Jos kaikki työtehtävät eivät ole tuloksen arvon tarkasteluhetkellä kokonaan valmistuneet, tulee niiden valmiusaste arvioida ja EV lasketaan sen mukaan. (Anbari, 2003) (Vanhoucke, 2009, s.217–219) (Cioffi, 2006)



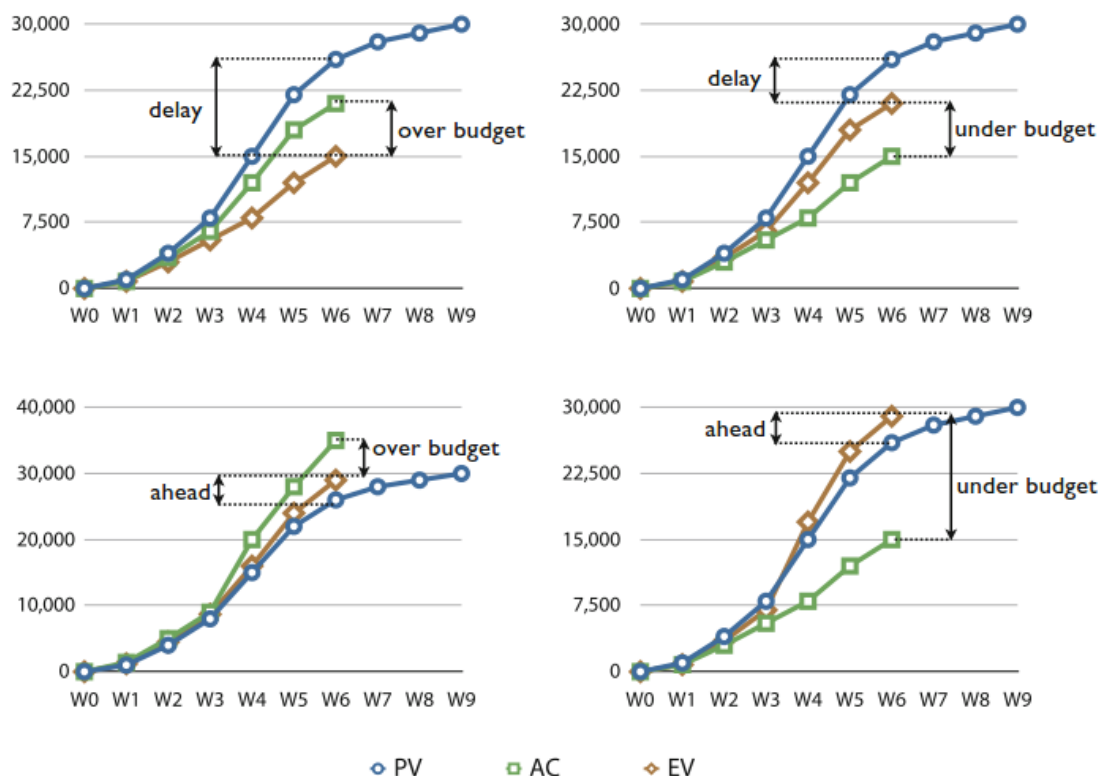
Kuva 4. Tuloksen arvon yksiköt S-käyrällä (Henderson, 2007)

Perusyksiköiden lisäksi Tuloksen arvon menetelmässä on myös työn tehokkuuden mittareita, kuvan 4 mukaisesti. Kustannustehokkuusindeksi, Cost Performance Index (CPI) kuvaa kustannusten tuottavuutta vertaamalla tuloksen arvoa ja työn todellisia kuluja projektissa tai yksittäisessä työtehtävässä. CPI on todettu luotettavaksi välineeksi projektin tuloksen ennustamiseen jopa 15–20 % valmiusasteessa ja 20 % valmiusasteen jälkeen kumulatiivista CPI:tä voidaan hyödyntää projektin loppukustannusten ennustamiseen noin ± 10 % tarkkuudella (Fleming and Koppelman, 2004). Aikataulutehokkuusindeksi, Schedule Performance Index (SPI) kuvaa työn tuottavuutta käytetyn ajan suhteen vertaamalla tuloksen arvoa alkuperäiseen budjettiin. Indeksien arvo 1.0 tai suurempi tarkoittaa projektin etenemistä suunnitelman mukaan tai paremmin. (Anbari, 2003) (Vanhoucke, 2009, 224) (Pelin, 2011, s.185-192) (Artto et al., 2006, 259-261) Aikataulun ja budjetin pitävyyttä voidaan mitata myös aikatauluindeksillä (SVI) ja kustannuseroindexillä (CVI). Kustannuseroindexi on kustannuseron ja tuloksen arvon suhde (CV/EV) ja aikataulueroindexi on aikataulueron ja alkuperäisen budjetin ero

(SV/PV). Indeksien etuna on niiden vertailtavuus muiden projektien kanssa. (Pelin, 2011, s.191)

Projektin seuranta Tuloksen arvon menetelmällä

Kun tuloksen arvon yksiköt saadaan laskettua, voidaan niiden avulla tarkastella projektin etenemistä kuvassa 5 esitetyllä tavalla. Tämän lisäksi on mahdollista laskea projektin terveyttä kuvaava kriittinen suhde (Critical Ratio, CR) CR on CPI:n ja SPI:n tulo ja projektin saavutetun tehokkuuden taso on suunnitellun tehokkuuden tasolla tai parempi, jos CR on suurempi tai yhtä suuri kuin 1 ($CR = CPI \times SPI \geq 1$). Kriittistä suhdetta voidaan kutsua myös nimellä Cost-Schedule Index (CSI). (Anbari, 2003) Tämän lisäksi Kustannusero (Cost Variance, CV) kuvaa toteutuneen tuloksen arvon ja todellisten kulujen erotusta (EV-AC) ja aikatauluero (Schedule Variance, SV) kuvaa tuloksen arvon ja suunnitellun arvon erotusta (EV-PV). Aikatauluero ja kustannusero antavat tulokseksi vain absoluuttisia lukuarvoja, jotka ovat täysin projektikohtaisia. (Pelin, 2011, s.192) (Vanhoucke, 2012, s.221-223)



Kuva 5. Projektin aikataulu ja kustannusseuranta Tuloksen arvon menetelmällä (Vanhoucke, 2012)

Projektihallinnan kannalta on tärkeää paitsi tuntea hankkeen suoritustaso aikataulun ja kustannusten näkökulmasta nykyhetkellä, mutta myös selvittää mahdollisten aikataulu- ja kustannuspoikkeamien vaikutus koko projektin suoritukseen. Mitä aikaisemmin nega-

tiivisiin poikkeamiin pystytään vaikuttamaan, sitä pienemmät vaikutukset poikkeamalla on koko projektin onnistumisen kannalta. Tuloksen arvon menetelmällä on mahdollista ennustaa projektin loppukustannuksia ja –aikaa hyödyntäen projektin tarkasteluhetkeen mennessä tehtyjä suorituksia. (Pelin, 2011, s.192) (Vanhoucke, 2012, s.221-223)

Aikataulun ja kustannusten ennustaminen

Projektin loppukustannuksia voidaan ennustaa EAC (Estimated cost At Completion) –kaavan avulla. EAC on toteutuneiden kustannusten ja jäljellä olevien töiden arvioidun kustannusten summa. Vastaavasti projektin valmistumisajankohtaa voidaan arvioida EAC(t) (Estimated duration at Completion) –kaavan avulla, joka on toteutuneen ajan ja jäljellä olevien töiden aikataulutetun keston summa. Näiden ennustusten tulos voi kuitenkin vaihdella suuresti, riippuen jäljellä olevien töiden oletetuista kestoista ja kustannuksista. Joissain tilanteissa projektin alkuperäiset oletukset eivät enää pidä paikkaansa tai hankkeen ympäristössä on tapahtunut niin suuria muutoksia, että EAC:tä ei voida määrittää suoraan alkuperäisestä budjetista, vaan se on arvioitava kokonaan uudelleen muuttuneiden olosuhteiden mukaiseksi. Jos muutos on kuitenkin ollut vain hetkellinen ja tuotanto on palannut jälleen normaalille tasolle, voidaan uusi kokonaisbudjetti tai aikataulu arvioida käyttäen hyväksi alkuperäisiä arvioita. Jos aikaisemmin tapahtunut muutos olosuhteissa on pysyvä ja edullinen projektin toteutuksen kannalta, voidaan muutoksen vaikutus kokonaiskustannusarviossa tai aikataulussa huomioida jakamalla jäljellä oleva työ tuottavuusindeksillä CPI, eli $EAC = AC + (BAC - EV) / CPI$. Anbarin (2003) mukaan tulee kuitenkin aina suhtautua varauksella projektin tuloksen arviointiin, jossa menetetty aikataulu tai kustannustavoite pyritään ottamaan kiinni ilman suuria muutoksia tuotantotavoissa. (Anbari, 2003) (Vanhoucke, 2009, s.227)

Tuloksen arvon menetelmällä voidaan päästä parhaimmillaan hyvinkin tarkkoihin ennusteisiin projektin loppukustannuksista ja aikataulusta. Menetelmän vaatimien laskujen suorittamiseen on kehitetty myös omia ohjelmistoja, mutta niiden vaatimat kustannustiedot eivät aina ole helposti saatavilla, sillä yritysten omat järjestelmät eivät välttämättä ole yhteensopivia näiden ohjelmistojen kanssa. (Kenley, 2003, s.133)

Menetelmän saama kritiikki

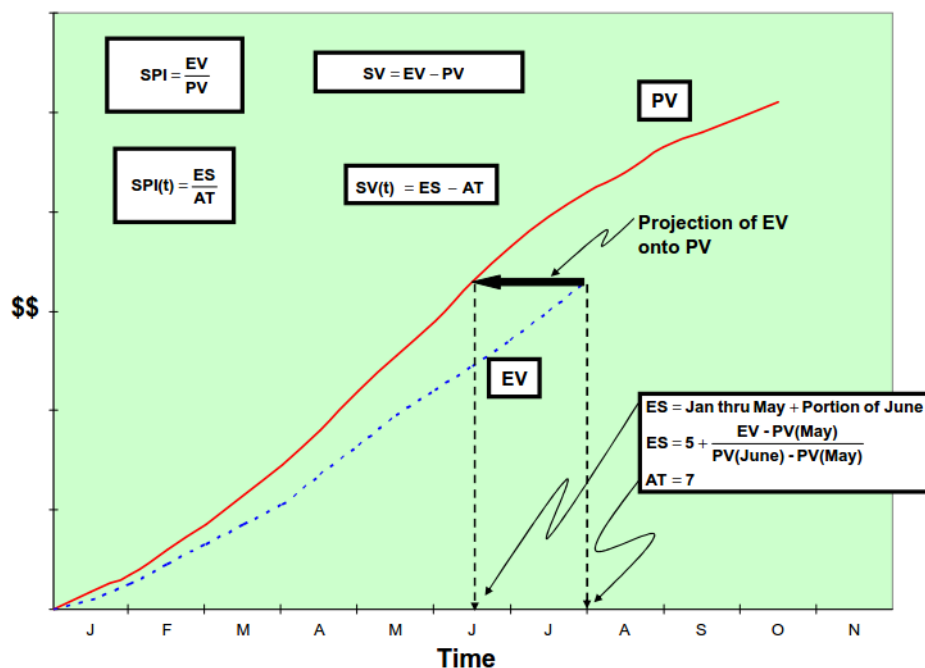
Tuloksen arvon menetelmä on osoittautunut monelle käyttäjälleen erinomaiseksi apuvälineeksi projektisuunnittelussa ja -seurannassa sekä päätöksen teon apuvälineenä. Tästä huolimatta menetelmä on saanut osakseen myös paljon kritiikkiä. Yksi kritiikkiä aiheuttanut ominaisuus on EVM:n tapa ilmoittaa aikataulun eteneminen kustannusten perusteella. Aikataulun mittaaminen kustannusyksiköissä aiheuttaa menetelmään perehtymättömälle usein hämmennystä ja vaikeuttaa tulosten tulkintaa ja vertailua esimerkiksi kriittisen polun määrittämiin välitavoitteisiin. (Henderson, 2007) (Lipke, 2003)

Suurempi kritiikin aihe on kuitenkin EVM:n aikatauluindikaattoreiden (SV, SPI) ominaisuus päästä aina tavoitteeseen projektin lopussa, eli SV saavuttaa arvon nolla ja SPI arvon yksi, riippumatta projektin mahdollisesta myöhästymisestä. Aikatauluindi-

kaattoreiden pettäminen projektin viimeisen kolmanneksen aikana on seurausta EV ominaisuudesta saavuttaa aina viimeisimmän suunnitellun työn budjetoidut kustannukset PV:n eli työn lopullisen budjetin (BAC), joihin indeksit perustuvat. (Lipke, 2003) Corovic (2006) on jopa sitä mieltä, että Tuloksen arvon menetelmää ei tulisi käyttää projektin aikatauluseurannassa lainkaan.

2.3.2 Earned Schedule

Tuloksen arvon menetelmän saaman kritiikin pohjalta on syntynyt Earned Schedule (ES), vapaasti suomennettuna ansaitun tai tuotetun aikataulun menetelmä. ES toimii samalla perusperiaatteella kuin tuloksen arvon menetelmä, tosin tuloksen arvon menetelmästä poiketen aikataulun tehokkuutta ja suoritusta mitataan kustannusten sijaan ajan perusteella. Earned Schedule on määritelty $ES = C + I$, missä C on aikayksiköiden lukumäärä, joissa EV ylittää PV:n ja $I = (EV - PV_C) / (PV_{C+1} - PV_C)$. Kaavassa käytetty merkintä PV_C tarkoittaa tarkastelukuukauteen mennessä suunnitellun työn budjetoituja kustannuksia. ES menetelmä mittaa aina projektin kumulatiivista etenemistä. Jos toiveena on selvittää yhden kuukauden suoritustaso, tulee laskea kahden peräkkäisen kuukauden ES:n arvon erotus. (Henderson, 2007) (Lipke, 2003)



Kuva 6. Earned Schedule yksiköt (Henderson, 2007)

Earned Schedulen mukainen aikatauluero SV määritellään ES:n ja todellisen ajan (AT) erotuksena. SPI saa myös uuden määritelmän $SPI(t) = ES/AT$. Projektin kokonaiskeston arvioinnin yleiskaavana voidaan käyttää samankaltaista kaavaa kuin Tuloksen arvon menetelmässä $EAC(t) = AT + PDWR$. Kuten tuloksen arvon kanssa, projektin jäljellä olevan työn vaatiman ajan (PDWR) arvioiminen riippuu voimakkaasti projektin ominaisuuksista. Laskukaavat vaihtelevat riippuen siitä oletetaanko jäljellä olevien töiden suoritustahti alkuperäisen aikataulun, tarkasteluhetkeen mennessä toteutuneen työtahtin vai

SCI:n mukaiseksi. Vandevoorden ja Vanhoucken (2005) tekemän vertailun mukaan Earned Schedule menetelmä osoittautui projektin loppupuolella luotettavaksi hankkeen etenemisen seurannan työkaluksi. Menetelmä onkin saanut laajempaa hyväksyntää myös pienempien projektien tuloksen ennustamisessa (Henderson, 2005) ja siihen liittyviä tutkimuksia on kaikkien saatavilla kahdellakin internet-sivustolla www.earnedschedule.com ja sydney.pmichapters-australia.org.au. Earnedschedule.com sivustolta löytyy myös Excel-pohjainen ES-laskuri. (Vandevoorde and Vanhoucke, 2006) (Henderson, 2007)

Toisin kuin tuloksen arvon menetelmässä, ES-menetelmään perustuvat arvot $SV_{(t)}$ ja $SPI_{(t)}$ eivät menetä luotettavuuttaan projektin loppupuolella. Tämä johtuu siitä, että ES on hankkeen lopussa yhtä suuri kuin projektin suunniteltu kesto (PD) ja siten projektin todellisesta kestosta (AT) riippuvat $SV_{(t)}$ ja $SPI_{(t)}$ kuvaavat projektin suoritusta myös hankkeen loppupäässä. (Vanhoucke, 2012, s.223-225) Tuloksen arvon tai Earned Schedule menetelmiä ei ole kuitenkaan suunniteltu käytettäväksi absoluuttiseen aikataulu-seurantaan tarkkojen aikataulukaaavioiden tilalle, vaan työmaan tuottavuuden arvioimisen apuvälineiksi muiden seurantatyökalujen rinnalle. Czarnigowska et al. (2011) arvioivat menetelmien suosion perustuvan niiden verrattain yksinkertaiseen käyttöön: ennusteen luomiseen tarvitaan vain neljän laskentakaavan käyttöä ja tulos on suhteellisen helposti tulkittavissa. (Czarnigowska et al., 2011)

2.3.3 Aikaisemmin tehtyjä tutkimuksia standardikustannuskäyrästä

Perinteinen kustannusennustaminen, kuten tuloksen arvon menetelmä, perustuu tarkasti projektille tehtyyn aikatauluun ja resursseihin, kuten työ- ja materiaalikuluihin. Aikataulun tarkan osituksen avulla kullekin työvaiheelle määritetään oma budjetti, joista yhdestä muodostuu työmaan kokonaisbudjetti. Aikataulu- ja kustannusseuranta perustuvat tämän suunnitelman ja toteuman vertailuun. (Lester, 2006, s.52–57) Tämän kaltainen kustannusseuranta on kuitenkin hidasta ja vaatii seuraajalta hyvän tuntemuksen työmaan toiminnasta ja nykytilasta, mikä vaikeuttaa esimerkiksi työpäälliköiden kustannusseurantaa ja heidän onkin usein luotettava täysin työmaan toimittamaan seurantareporttiin. Kustannusseurantaa tai -ennustamista ei voida myöskään tehdä kuvatulla menetelmällä ennen kuin tarkat toteutussuunnitelmat on luotu. Kustannusseurannan ja -ennustamisen helpottamiseksi onkin pyritty luomaan erilaisia standardikustannuskäyriä. (Kaka, 1999) S-käyrän mallisia kasvukäyriä on löydetty kassavirtoja sekä yleisesti taloustieteitä tutkimalla. Ashton löysi vuonna 1972 neljä s-käyrän mallia: integroitu normaalikäyrä, logistinen käyrä, sinikäyrä ja Urbanin käyrän. Nämä kaikki käyrät ovat erittäin lähellä toisiaan ja onkin tutkittu, että äärimmäisiä esimerkkejä lukuun ottamatta kaikkia niitä voidaan käyttää standardikäyrinä. (Kenley, 2003 s.46) (Kaka and Price, 1993)

Näkökulmaeroja

Standardikustannuskäyrään liittyvät näkökulmat voidaan jakaa useampaan leiriin riippuen tutkijan näkemyksestä rakennushankkeen luonteesta ja siitä, pyritäänkö luomaan absoluuttinen vai vaihteluvälin omaava kustannuskäyrä. Deterministinen lähestymistapa etsii hankkeelle tarkan valmistumisajankohdan tai loppukustannukset, kun stokastinen lähestymistapa etsii vaihteluvälin, jolle valmistumisajankohta tai loppukustannukset tulevat asettumaan. (Kenley, 2003 s.6) Näistä näkökulmista deterministinen lähestymistapa on yksinkertaisuutensa vuoksi suositumpi (Barraza et al., 2004).

Toinen tutkijoita jakanut näkökulmaero on suhtautuminen rakennusprojektin yksilöllisyyteen. Toisten mielestä rakennusprojektien kustannustietojen perusteella voidaan määrittää yleiset lait ja pääsäännöt kustannuskertymää koskien. Tätä ajattelutapaa kutsutaan nomoteettiseksi eli lakeja säätäväksi. Toinen vaihtoehto on rakennushankkeita yksilöinä korostava idiografinen eli yksilöä tutkiva näkemys, jonka mukaan asia ei ole yleistettävissä. Projektien yksilöllisyyteen on huomattu vaikuttavan muun muassa projektityyppi, taloudellinen ja poliittinen ilmasto sekä projektihallinta. Nomoteettinen lähestymistapa olettaa projektien välille yhdenmukaisia riippuvuuksia ja jättää suurelta osin huomiotta projektien yksilölliset ominaisuudet kohdellen niistä johtuvaa vaihtelua sattumanvaraisena ja siten merkityksettömänä. (Kenley, 2003, s.6, 40-44, 60-61) Tutkijat Kenley ja Wilson (1986) kuitenkin toteavat, että erojen on oltava täysin sattumanvaraisia, jotta nomoteettiseen näkemykseen perustuvia malleja voidaan käyttää. Heidän mielestään projektien välinen vaihtelu johtuu enemmän projektien yksilöllisyydestä kuin sattumanvaraisesta virheestä ja tästä syystä ideaalikäyrä on illuusio. Perinteisen, nomoteettisen standardikustannuskäyrän puolesta puhuu kuitenkin menetelmän helppous verrattuna jokaisen projektin yksilölliseen tarkasteluun. Rakennusprojektien yksilöllisyydestä ja laajasta kritiikistä huolimatta nomoteettisilla malleilla onkin vankka kannatus. Erilaisia standardikäyriä on etsitty runsaasti ja suuressa osassa näistä tutkimuksista on keskitytty rakennushankkeen tilaajan ja urakoitsijan väliseen kassavirtaan sekä pyritty ennustamaan tuota kassavirtaa standardikustannuskäyrän avulla. (Kenley, 2003, s.6, 40-44, 60-61)

Rakennushankkeen eri osapuolilla on tarve ennustaa kassavirtaa suhteellisen nopeasti ja yksinkertaisesti, mikä myös osaltaan selittää nomoteettisten mallien suosiota riippumatta niitä vastaan esitetyistä argumenteista. Idiografiset mallit sopivat vain analyttisiin tarkoituksiin ja projektien ajan- tai kustannuskehityksen ennustaminen vaatii aina standardikäyrän luomista samankaltaisten projektien pohjalta, eli nomoteettista lähestymistapaa. (Banki and Esmaeeli, 2008) Rakennusteollisuudessa käsitelläänkin epävarmuutta jo päivittäisissä operaatioissa, mikä pienentää kassavirtamallin tarkkuudelle asetettavia vaatimuksia (Kenley and Wilson, 1986).

Rakennusprojektin kassavirtaa standardikäyrän avulla ennustavista malleista valtaosa perustuu historian tuottamaan tietoon menneistä projekteista. Historiatiedon suora hyödyntämistä standardikäyrän luomisessa on kuitenkin kritisoitu ja vaihtoehtoisia tapoja on pyritty kehittämään muun muassa lineaarisen regression avulla. (Blyth and Kaka, 2006)

Seuraavana on esitelty muutamia merkittäviä standardikustannuskäyrään liittyviä tutkimuksia jaoteltuna nomoteettisiin ja idiografisiin malleihin. Mallin otsikon perään on suluissa merkitty noudattavatko mallit determinististä vai stokastista lähestymistapaa käyrän luomiseen (Kenley, 2003 s.91). Suurin osa malleista tarkastelee rakennushankkeen tilaajan ja urakoitsijan välistä kassavirtaa, mutta osa pyrkii selvittämään rakennusurakoitsijan kustannuskertymiä ja siten varmistamaan urakoitsijan likviditeetin säilyminen jokaisessa hankkeen vaiheessa.

Nomoteettisia eli lakeja säättäviä malleja

Bromilow (deterministinen)

F.J. Bromilow kehitti malliaan Division of Building Research, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, CSIRO:ssa 1960-luvulla. Hänen tavoitteenaan oli luoda työkalu tilaajille suurten rakennushankkeiden suunnitteluun. Bromilow ei ole kuitenkaan koskaan virallisesti julkaissut malliaan tai analyysinsä tuloksia, vaan on ainoastaan käyttänyt työnsä johtopäätöksiä kuvaamaan myöhemmin julkaistuja töitään. Malli luotiin yhdistämällä paljolti toisiinsa liittyvät, CSIRO:n tuottamat tutkimukset. Ennen vuotta 1969 oli yleinen mielipide, että ajan ja kustannusten suhde pitäisi mallintaa lineaarisesti eli maksut olisivat tasasuuruksia ja tulisivat tasaisin väliajoin. Bromilow kuitenkin huomasi, että kumulatiivisten kustannusten ja ajan suhde on enemmän S-käyrän mallinen kuin lineaarinen ja tämä näkemys on myöhemmin laajasti hyväksytty. Bromilow käytti polynomista regressiota löytääkseen yhtälön, joka parhaiten kuvaaisi kustannusten kertymistä ja loi käyrän:

$$T = C_0 + C_1P + C_2P^2 + C_3P^3 + C_4P^4 \quad (1)$$

missä on T rakennusaika prosentteina rakennusajan alusta todelliseen päättymispäivään, P on kumulatiivisten maksujen tavoite ilmaistuna prosenttina suunnitelluista kustannuksista ja C_s ovat vakioita. Bromilowin yhtälön vakioista johtuen maksut alkoivat kertyä vasta 10,7 % ajan jälkeen ja 100 % kustannukset saavutettiin 117 % ajan kuluttua. Tämä kuvasi Bromilowin aikaisempaa tutkimusta, missä tunnistettiin että projektin keston voidaan olettaa ylittyvän noin 17 %. Tucher ja Rahilly muuttivat 1980-luvulla alkupe-
räisiä C_s vakioita, koska alkuperäisen mallin mukainen kustannusten alkaminen vasta 10,7 % kohdalla sopii vain pieniin projekteihin, muttei suuriin rakennushankkeisiin. Niinpä he laskivat uudet vakiot ja saivat kustannusten alkuajankohdaksi 1,9 % kokonaisajasta, 100 % kustannukset saavutetaan yhä 117 % kohdalla. Tucherin ja Rahillyn luomat vakiot ovat: $C_0=1,9$, $C_1=2,5$, $C_2=-0,04014$, $C_3=0,0002668$. (Kenley, 2003 s.61–63)

Peer (deterministinen)

Peerin lähtökohta mallin kehittämiseksi oli, Blomilowista poiketen, urakoitsijan kassavirran ennustaminen ja hän piti tärkeänä että kassavirtaa voidaan ennustaa jo ennen yk-

sityiskohtaisten aikataulujen määrittämistä. Peer uskoi, että kassavirtaa voidaan mallintaa standardikäyrien avulla ja vihkiytyi tutkimukseen opiskelijoidensa Zoisner ja Berdicevsky kanssa. Hän tarkasteli kumulatiivisia käyriä muun muassa työlle, materiaalille, yleiskustannuksille ja aliurakoille. Hän myös esitti polynomista regressiota neljän suuren julkisen rakennusprojektin datapisteiden avulla ja testasi kolmea yhtälöä: neljännen asteen yhtälöä, tanh-fuktiota ja error-fuktiota, jotka on esitetty kaavoissa 2-4. Näistä yhtälöistä neljännen asteen polynomifuktiota pidetään tarkimpana kassavirran ennustamisen mallina, tosin tanh-funktio on sen kanssa lähes identtinen. Error-funktion käytöstä ei sen sijaan tiedetä paljoa. Yhtälöissä t on kokonaisajan suhde ja y on kokonaiskustannusten suhde.

$$y = 0.0009 + 0.273t - 1.0584t^2 + 5.4643t^3 - 3.6778t^4 \quad (2)$$

$$y = 0.567(\tanh(3.249t - 2.038) + 0.963) \quad (3)$$

$$y = 0.5487(\operatorname{erf}(2.8822t - 1.7972) + 0.986) \quad (4)$$

Berdicevsky analysoi dataa neljästä projektista johtaakseen kassavirran mallintamiseen myös kolmannen asteen polynomin. Tämän yhtälön kelpoisuutta standardikäyrän muodostamiseen voidaan kuitenkin kyseenalaistaa, sillä tutkitut projektit olivat kaikki erilaisia kooltaan, muodoltaan, rakennusajaltaan ja käyttötarkoitukseltaan. Berdicevskyn ja Peerin myöhemmän muokkauksen tuloksena kolmannen asteen polynomifuktioksi saatiin:

$$y = 0.0089 - 0.2698t + 2.7909t^2 - 1.5181t^3 \quad (5)$$

Kun Berdicevsky itse testasi malliaan toisella projektilla, hän laski hajonnaksi noin seitsemän prosenttia. (Kenley, 2003, s.64-71)

Boussabaine ja Elhag (stokastinen)

Boussaibaine ja Elhag kehittivät vuonna 1999 mallin kassavirtakäyrien ennustamiseen. Tätä varten he tuottivat 30 projektin analyysistä perusmallin. Malli on kolmesta erillisestä yhtälöstä yhdistetty yhtälö, jonka ensimmäinen kolmannes on kumulatiivisesti kasvava, toinen kolmannes on lineaarinen ja kolmas kolmannes on laskeva. (Kenley, 2003, s.85)

$$\begin{array}{llll} \text{jos} & 0 \leq x \leq \frac{1}{3} & \text{niin} & y = \frac{9x^2}{4} \end{array} \quad (6)$$

$$\begin{array}{llll} \text{jos} & \frac{1}{3} \leq x \leq \frac{2}{3} & \text{niin} & y = \frac{3x}{2} - \frac{1}{4} \end{array} \quad (7)$$

$$\begin{array}{llll} \text{jos} & \frac{2}{3} \leq x \leq 1 & \text{niin} & y = \frac{9x}{2} - \frac{9x^2}{4} - \frac{5}{4} \end{array} \quad (8)$$

Boussabainen ja Elhagin yhtälöä pidettiin aikanaan hieman omituisena, mutta heidän lähestymistapansa rakennushankkeiden yksilöllisyyteen Fuzzy-logiikan kautta keräsi kiitosta. Fuzzy-logiikka oli metodi jonka he ottivat käyttöön hallitakseen epävarmuuksia ja monitulkintaisuuksia kassavirran ennustamisessa. (Kenley, 2003, s.85-86)

Fuzzy approach ja Neural networks pyrkivät molemmat ratkaisemaan standardikäyrän ennustamiseen liittyviä ongelmia. Nämä ongelmat aiheutuvat muun muassa rakennushankkeiden monimutkaisuuksista ja olosuhteiden epävarmuuksista. Fuzzy approach ja Neural networks metodeiden lähestymistapa on stokastinen, minkä vuoksi saatavat tulokset eivät voi koskaan olla lähtötietoja parempia. Tämä ongelma on pyritty ratkaisemaan jakamalla tarkasteltava projekti useisiin eri vaiheisiin, olivat ne kolmanneksia tai kymmenyksiä, ja tutkimalla vain yksittäisen osan variaatiota kerrallaan. Tätä tapaa on kuitenkin kritisoitu siitä, että se jättää huomiotta tutkittavien osien välisen riippuvuuden. (Kenley, 2003, s.87)

Kaka ja Price (deterministinen)

Monet standardikustannuskäyrän mallit, kuten Bromilow sekä Kenley ja Wilson, perustuvat hankkeen tilaajalta urakoitsijalle kulkevaan kassavirtaan. Kaka ja Price (1993) ehdottivat kuitenkin hankkeen urakoitsijan kustannuskäyrän hyödyntämistä projektin edistymisen seurannassa. Heidän huolensa oli urakoitsijalle syntyvien kustannusten ennustettavuus ja siten urakoitsijan likviditeetin säilyttäminen.

Mallia luodessaan he tutkivat 150 rakennushankkeen kuukausittaiset sitoutuneet kustannukset, eikä tutkittavaksi kohteeksi hyväksytty liian lyhyitä, alle kolmen kuukauden projekteja tai epäsäännöllisiä, kesken rakennusajan pysähtyneitä hankkeita. Projektit jaettiin neljään ryhmään rakennustyyppin, hankkeen keston, rakennusyriytyksen ja urakkatyyppin mukaan. Näistä projektin keston ja liiketoimintaprosessin todettiin vaikuttavan S-käyrän muotoon ja niiden mukaan projektit jaettiin seitsemään eri ryhmään.

1. Perinteinen urakka, 13-36 kuukautta
2. Perinteinen urakka, 0-6 kuukautta
3. Perinteinen urakka, 7-12 kuukautta
4. Projektinjohtourakka, 7-12 kuukautta
5. Projektinjohtourakka, 13-36 kuukautta
6. KVR-urakka, 7-12 kuukautta
7. KVR-urakka, 13-36 kuukautta

Jokaisesta näistä ryhmästä muodostettiin keskiarvokäyrät ja tutkimukseen osallistuneita urakoitsijoita pyydettiin kommentoimaan käyrien muotoa. Käyrien muodot poikkesivat suuresti toisistaan ja urakoitsijat kertoivat niiden kuvaavan hyvin urakkatyyppin muotoa. Standardikäyrät kuitenkin aina sisältävät satunnaista ja systemaattista virhettä. Kaka ja Price olivat kuitenkin valmiita hyväksymään tämän epätarkkuuden menetelmän helppokäyttöisyyden ja tulkinnan selkeyden vuoksi. He kehottavatkin urakoitsijoita käyttä-

mään tutkimuksessa luotuja käyriä tai luomaan omat, yrityksen omista projekteista luodut kustannuskäyrät. (Kaka and Price, 1993)

Idiografisia, yksilöä tutkivia malleja

Tuloksen arvo ja Earned Schedule (deterministinen)

Luvussa 2.3.1 esitelty tuloksen arvon menetelmä sekä luvussa 2.3.3 esitelty Earned Schedule menetelmä ovat selkeitä esimerkkejä idiografisesta tavasta lähestyä hankkeen kustannuskäyriä ja ennustaa projektin lopputulosta. Näissä tavoissa tarkastellaan vain tutkittavaa hanketta ja sen tarkasteluhetkeen mennessä toteutuneita suoritteita. Näitä menetelmiä pidetäänkin yleisesti hyvänä ja suhteellisen luotettavana tapana arvioida projektin etenemistä suhteessa tavoitteeseen. Sekä tuloksen arvo että Earned Schedule menetelmät vaativat kuitenkin tarkastelijalta huolellista paneutumista tutkittavaan hankkeeseen, eivätkä ne siten sovi nopeaan tarkasteluun. Tuloksen arvon menetelmää ei voida hyödyntää aikatauluseurannassa, sillä sen aikatauluindikaattorit SV ja SPI saavuttavat aina tavoitteensa, vaikka projekti myöhästyisi alkuperäiseen tavoitteeseen verrattuna. (Lipke, 2003) Aikatauluseurantaan sopii tuloksen arvon menetelmään perustuva Earned Schedule, tosin myös se vaatii käyttäjältään laajaa tutustumista, sekä menetelmään että tutkittavaan projektiin. (Lipke, 2003)

Kenley ja Wilson (stokastinen ja deterministinen)

Tutkijoiden Kenleyn ja Wilsonin (1986) näkemys standardikäyrään on idiographinen eli projektien yksilöllisiä ominaisuuksia korostava. Vuonna 1986 he pyrkivät löytämään tilaajan ja urakoitsijan välisen kassavirtamallin, joka sallii rakennushankkeiden yksilöllisyyden, muttei vaadi näiden vaihteluiden vaikutusten arviointia. Tutkijat kehittivät mallinsa 72 projektin otoksesta, joista vain kaksi hylättiin lopullisesta otoksesta. He huomasivat, että tutkittujen hankkeiden kustannuskäyrän kokonaisvaihtelun sisällä käyriä voi olla hyvinkin erilainen ja siten niiden pohjalta luotu keskiarvokäyrä on usein harhaanjohtava. Tutkijat päätyivätkin tulokseen, että projektin data vaihtelee, sekä systemaattisista että satunnaisista virheistä johtuen.

Arvioijan rooli on aina suuri kassavirtaennusteita tulkittaessa, tosin johtopäätösten tulisi aina perustua saatavilla oleviin todisteisiin. Kenleyn ja Wilsonin kehittämä Logit-malli on projektin kassavirtaa laskettaessa matemaattisesti todella joustava ja sallii nettokassavirran mallin kehityksen. Sitä voidaan hyödyntää, sekä nomoteettisissa että idiografisissa malleissa ja on siten vapaasti käytettävissä. (Kenley and Wilson, 1986) (Kenley, 2003, s.60–61)

DHSS (deterministinen)

Kenleyn (2003, s.71) mukaan tärkein työ rakennusprojektin kassavirran tutkimisessa aloitettiin vuonna 1967 Brittish Department of Health and Social Security -laitoksessa. DHSS-malli tarkoitettiin suurten asiakasmäärien tarpeisiin ja luodulla kassavirtamallilla

on laaja hyväksyntä alan tutkijoiden keskuudessa. Tutkimuksen julkaisivat ensin Hudson ja Maunick vuonna 1974 ja sen jälkeen Hudson uudestaan vuonna 1978. DHSS:n lähestymistapa on samankaltainen nomoteettisen Bromilow-mallin kanssa. Erona Bromilowin malliin on Hudsonin ja Maunickin tapa ilmaista arvo ajan avulla ja he myös määrittivät molempien akseleiden maksimiksi 100 %. Tutkimuksessaan he väittivät, että kaikilla projekteilla on yhtäläisyyksiä kustannuskertymän nopeudessa. DHSS malli olettaakin, että kaikki projektit käynnistyvät samalla nopeudella, jonka vuoksi 12 kuukauden jälkeen kustannuksia on kertynyt £0,9 ja 24 kuukauden jälkeen £2,1. Näiden kahden kiinteän pisteen avulla määritellään muoto minkä tahansa projektin kassavirralle ennustamiskaavalla ja muodostetaan kaksi samanaikaista yhtälöä. Tämän jälkeen malli tarvitsee vielä todellisia ajan ja kustannusten lukuarvoja laskeakseen tutkittavan hankkeen profiilin. Yhtälö, jota Hudson käytti, oli:

$$y = \frac{v}{S} = x + cx^2 - cx - \frac{(6x^3 - 9x^2 + 3x)}{k} \quad (9)$$

missä v on kumulatiivinen kuukausittainen arvo työlle, S on kauppasumma, tai 1.0 standardikäyrillä, x on aika ja c ja k ovat projektin työn kategoriasta ja kauppasummasta riippuvia vakioita. Hudson ja Maunick eivät pyrkineet tutkimuksessaan mallintamaan kaikkien rakennushankkeiden kassavirtoja tarkasti, vaan luomaan hyvän, todellisuutta kuvaavan likiarvon. (Tucker, 1988) (Kenley, 2003, s.71-73)

DHSS malli oli ensimmäinen, joka sisälsi vain kaksi vakiota kassavirtayhtälössä ja tarjosi projektien alakategorioille standardikäyrään perustuvan menetelmän. Menetelmä on kuitenkin saanut osakseen myös kritiikkiä (Tucker, 1988). Vaikka Hudsonin ja Maunickin malli kuvaa hyvin lähteenä käytettyjä hankkeita, se saattaa olla paikkansapitävä vain sairaalaprojekteihin omana aikanaan ja voi tarvita inflaatiokorjauksen ajan myötä. Sidwell ja Rumball osoittivat vuonna 1982 tekemässään tutkimuksessa, että malli epäonnistui ennustamisessa yhteensä 30 projektissa, kun tutkittuja projekteja oli 38, mikä osoittaa kritiikin aiheelliseksi. (Kenley, 2003, s.71-74)

Mallien jatkokehittelyä

Benchmark model (stokastinen)

Kakan ja Pricen (1993) muodostamista kustannuskertymäkäyristä huolimatta standardikäyrien käyttämisestä yksittäisissä projekteissa on kiistelty paljon. Kaka (1999) itse tuli tulokseen että, vaikka projektien luokittelu eri kategorioihin voisi luoda tarkempia malleja, vaikeuttaisi se kustannustietojen keräämistä sekä monimutkaistaisi ja hidastaisi mallin käyttöä. Ratkaisuksi tähän ongelmaan Kaka esitti stokastista mallia, missä kustannuskäyrälle luodaan projektien vaihtelun huomioiva kehys.

Uutta malliaan varten Kaka keräsi 118 rakennushankkeen kuukausittaiset kustannustiedot neljältä eri urakoitsijalta. Kaka ja Price (1993) tehdyn johtopäätöksen perusteella urakat jaettiin kestoiltaan kolmeen luokkaan: alle 7 kuukautta, 7-12 kuukautta ja yli 12 kuukautta kestävät hankkeet. Lisäksi projektien kestot jaettiin kolmeen aikajak-

soon: 30%, 50 % ja 70 % hankkeen kokonaiskestosta. Jaotteluperusteiksi valittiin 30 % ja 70 %, koska niiden välissä eri projektien kustannuskäyrien välinen vaihtelu oli suurinta. (Kaka, 1999)

Stokastisen mallin mukaisesti Kakan (1999) malli tarjoaa hankkeen päättymispäiväksi vaihteluvälin tarkan ajankohdan sijaan ja kertoo todennäköisyyden projektin myöhästymiselle. Mallia on kuitenkin kritisoitu siitä, että se perustuu menneistä projekteista luotuun projektien kustannuskertymän vaihteluun sekä yksittäisen tarkasteluhetken tietoihin, eikä yksittäisen hetken osumista projektin normaaliin kehityskaareen voida tarkasti tietää. Mallia voidaan kuitenkin käyttää rakennushankkeissa varoitusmekanismina projektin myöhästymiselle. (Kenley, 2003)

Logit-malli projektin valmistumispäivän ennustamiseksi

Kenleyn (2003, s.122) mukaan projektin etenemisen seuranta on mahdollista pelkän kustannustiedon avulla ja Kakan mallin pääperiaatetta voidaan näin laajentaa ennustamaan projektin todennäköistä valmistumispäivää ilman, että projektin kassavirtaa tarvitsee tarkkaan ennustaa. Kenleyn luoma malli olettaa kuitenkin, että urakoitsijan laatima maksuerätaulukko vastaa projektin todellisia maksueriä. Toisaalta, jos maksuerien ennuste ja toteutuneet maksut eroavat suuresti toisistaan, projektin johdon on joka tapauksessa syytä puuttua asiaan.

Tarkasteltava malli vaatii perinteisen Logit-kassavirta -mallin laajennuksen kehittämistä, jotta kustannusten perusteella voitaisiin päätellä aikaa. Kenley hahmotteli vaihtoehtoisia malleja, missä aika kuvataan kustannusten funktiona. Perinteinen tapa Logit-mallin kassavirran esittämiseksi on arvonn v ilmaiseminen riippuvana muuttujana ja ajan t itsenäisenä muuttujana. Malli voidaan kuitenkin määritellä uudelleen käyttäen aikaa riippuvana muuttujana ja kustannuksia riippumattomana muuttujana. Kassavirta-malli käyttää vaihteluväliä 0.0 – 1.0 missä 1.0 = 100 %. (Kenley, 2003, s.122-123)

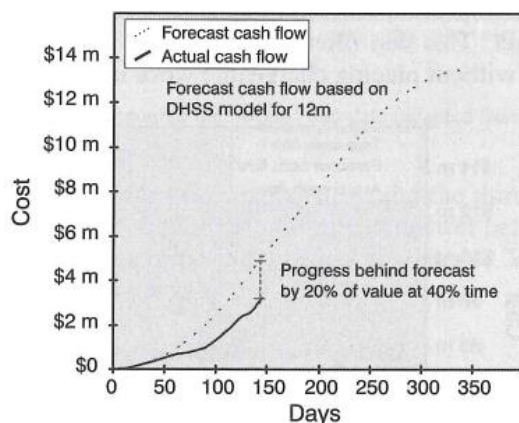
Varsinainen ennustus luodaan viimeisen kumulatiivisen summan perusteella ja valmistumispäivän laskemiseen käytetään hankkeen alkuperäistä ennustetta kassavirrasta. Ennustetta voidaan pitää suhteellisen tarkkana, jos projektin kustannukset ja aikataulu läheisesti seuraavat ennusteen profiilia. Jos tulokset eivät ole tarkkoja, projektin edetessä ennuste vaihtelee ja tarkentuu lähestyttäessä todellista päättymispäivää. Kenleyn (2003) malli on tarkkuudeltaan rajoitettu vain lopullisen projektin ennustamiseen ja mallissa on oletettu, että projektin todellinen loppusumma on tiedossa. Jos loppusumma vaihtelee projektin aikana, tulee valmistumispäivän ennusteessa käyttää viimeisintä arviota loppusummasta. (Kenley, 2003, s.122-130)

2.3.4 Kustannuskäyrän tulkinta

Vaikka projektin kustannuskäyrä saataisiin muodostettua, voi sen mahdollinen poikkeama ennusteesta aiheutua monesta eri asiasta. Tämän vuoksi kustannuskäyrän huolellinen tulkinta on tärkeää. (Kenley, 2003, s.109)

Tarkasteltaessa rakennushankkeen kustannuskertymää, kumulatiiviset kustannukset voidaan havaita pienemmiksi kuin projektille on ennustettu, kuten kuvan 7 esimerkistä nähdään. Tämän kaltainen kustannuskertymä voi kuitenkin johtua monesta erisyystä. Hankkeen vertailuun käytetty kustannuskäyrän malli on voitu arvioida alun perin väärin ja projektin kustannukset kertyvät alussa arvioitua hitaammin. Vaihtoehtoisesti hankkeen päättymispäivä on voitu arvioida väärin, eikä hanketta pystytä toteuttamaan nykyisillä resursseilla annetussa ajassa, minkä vuoksi hanke valmistuu myöhemmin kuin on arvioitu. Syy pieneltä näyttävään kustannuskertymään voi löytyä myös käyrän tulkinnasta. Esimerkiksi Bromillowin mallissa hankkeen kustannuskertymän laskettiin saavuttavan 100 %:n arvon ajanhetkellä 117 %. Jos tätä ei ole otettu huomioon, voi hanke vaikuttaa olevan aikataulustaan myöhässä, vaikka todellisuudessa syy voi löytyä muun muassa laskutusviiveestä. (Kenley, 2003, s.61-63, 109-114)

Jos laskutusviive ja muut kustannuskäyrän muotoon vaikuttavat seikat on huomioitu ja tavoite on pysyä alkuperäisessä aikataulussa, voi projekti todella olla aikataulustaan jäljessä. Tällöin projektinjohdon tulee välittömästi reagoida asiaan. Vielä yksi tulkintatapa kuvan 7 kustannuskäyrälle on, että hankkeen kustannusennuste tullaan alittamaan projektin lopussa tai projektin kustannusarvio on ennustettu väärin. Todellinen syy voi olla myös kaikkien edellä mainittujen syiden yhteisvaikutus ja niihin kaikkiin tulee tarvittaessa reagoida, jos projektin tavoitteena on päästä alkuperäisen suunnitelman mukaiseen tulokseen. Jos kustannuskertymä sen sijaan näyttää suurempia arvoja kuin ennusteessa, voivat syyt olla vastakkaiset. (Kenley, 2003, s.109-114)



Kuva 7. Projektin kustannukset ennustettua pienemmät (Kenley, 2003)

2.4 Tero Mourujärven insinöörityö

NCC Rakennus Oy teetti vuonna 2008 insinöörityön liittyen aikatauluseurantaan kustannuskäyrän avulla. Työn teki Tero Mourujärvi ja sen ohjasivat Niilo Kemppainen Metropolian ammattikorkeakoulusta ja Kimmo Kärkkäinen NCC Rakennus Oy:ltä. (Mourujärvi, 2009)

Työn tarkoituksena oli tutkia yrityksen toteutuneiden projektien kumulatiivisia kustannuskäyriä neljässä eri rakennusyksikössä, joita olivat korjaus-, pienkorjaus- ja ylläpitoyksikkö, toimitilapartnering ja toimitilaurakointi, sekä selvittää mahdollisia yh-

teyksiä rakennusaikojen ja kustannuskertymien väliltä. Tutkimusotoksena oli 45 toteutunutta projektia, joista lopullisessa työssä huomioitiin yhteensä 37 projektia ja 8 projektia jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Tarkastelun ulkopuolelle jätettiin projektit, jotka erosivat luonteeltaan huomattavasti normaalista rakennusprojektista, esimerkiksi sisälsivät runsaasti purku- tai louhintatöitä tai olivat muuten selkeitä erityiskohteita. Yksiköittäin pois tarkastelusta jäivät 2 projektia TRD-yksiköstä, 4 projektia TRK-yksiköstä ja 2 projektia TRP-yksiköstä. (Mourujärvi, 2009)

Taulukko 1. *Mourujärven työssä tutkitut projektit yksiköittäin, toteutusmuodoittain ja maksuperusteittain*

Yksikkö/ Toteutusmuoto / Maksuperuste	Tutkittujen projektien lukumäärä
Korjausyksikkö TRK	21
Pienkorjaus- ja ylläpitoyksikkö TRP	18
Toimitilapartnering TRD	4
Toimitilaurakointi TRU	2
Kiinteähintainen kilpailu-urakointi	18
Projektinjohtourakointi	12
Yhteistoimintarakentaminen/neuvottelu-urakointi	15
Kokonaishintaurakka	21
Laskutyöurakka	7
Tavoitehintaurakka	17

Rakennusyksiköiden lisäksi projektit jaoteltiin osa-alueisiin rakennustyyppin, hankkeen toteutusmuodon, projektin keston, lisä- ja muutostöiden määrän sekä projektin taloudellisen tuloksen mukaan. Mourujärvi piirsi jokaiselle tutkitulle projektille kustannuskäyrän ja niiden pohjalta loi jokaiselle osa-alueelle keskiarvokäyrät. Kaikkien käyrien havaittiin olevan hyvin lähellä toisiaan, minkä vuoksi varsinaiseen aikatauluseurantajärjestelmään valikoitui käytettäväksi kaikkien hankkeiden perusteella muodostettu keskiarvokäyrä. Tutkitut projektit on jaoteltu taulukkoon 1 sisältäen myös lopullisen tarkastelun ulkopuolelle jääneet projektit. (Mourujärvi, 2009)

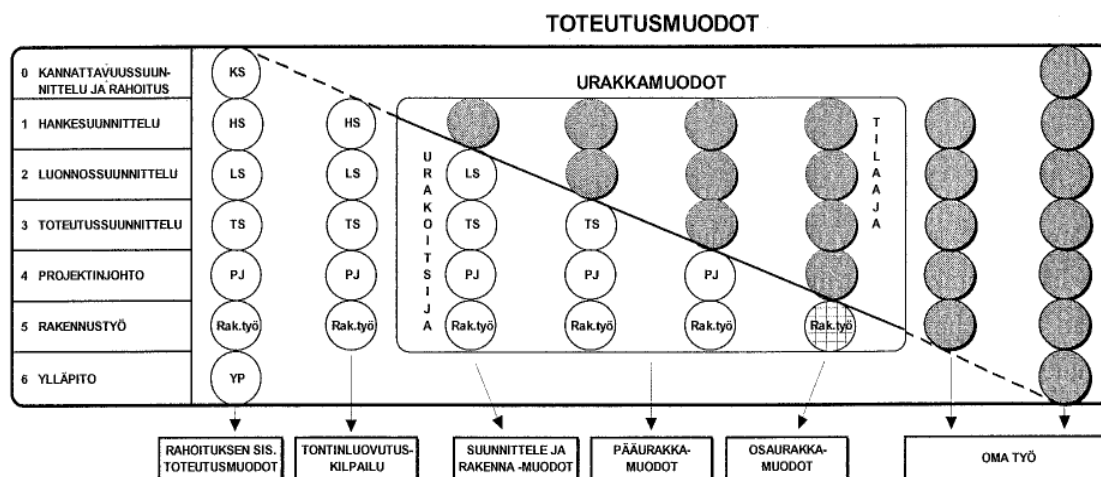
Mourujärven (2009) insinööriyössä menetelmää myös testattiin neljässä eri TR-yksikön rakennushankkeessa. Tutkituista hankkeista yhden tulos oli selkeästi virheellinen, sillä työmaan toiminnassa oli rakennuttajasta johtuen ollut tauko maankaivu- ja louhintatöiden ja varsinaisten rakennustöiden välissä, mikä aiheutti sen, ettei aikatauluseurantamenetelmä soveltunut kohteen seurantaan. Muissa tarkastelluissa kohteissa menetelmä antoi työmaan vaihetta kuvaavan tuloksen.

2.5 Kustannusrakenteeseen vaikuttavat tekijät

Kaikki rakennushankkeet ovat kustannusrakenteeltaan yksilöllisiä, sillä kustannusten kertymiseen vaikuttavat monet asiat. Osa kustannuskertymän vaihtelusta voidaan selittää hankkeen ominaisuuksien, kuten rakennustyyppin avulla, mutta myös satunnaiset tekijät, kuten sää, projektin työryhmä ja taloudellinen suhdanne voivat omalta osaltaan vaikuttaa kustannuskäyrän muotoon. Kaikkia yksittäisen projektin kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä onkin lähes mahdoton nimetä, mutta joitain yleisimpiä yhdistäviä tekijöitä on mahdollista löytää. Seuraavaksi on esitelty muutamia NCC Rakennus Oy:n käyttämiä hankkeiden jaotteluperusteita: toteutusmuoto, maksuperuste ja liiketoimintaprosessi. Näiden jaotteluiden peruserätykset ja rajaukset noudattavat yrityksen omasta järjestelmästä löytyvää kuvausta. Seuraavissa luvuissa esiteltujen lajitteluperusteiden lisäksi tässä tutkimuksessa hankkeita on jaoteltu ja tutkittu myös rakennusvaiheen keston, kustannusten ja rakennustyyppin perusteella.

2.5.1 Toteutusmuoto

Toteutusmuotoja voidaan jaotella useilla eri tavoilla. Kirjallisuudessa (Kaka and Price, 1993) (Kolhonen et al., 1997 s.7-8) (Peltonen and Kiiras, 1998, s.12) jaottelun perusteena on usein hankkeen eri osapuolten välinen vastuujako. Perinteisissä toteutusmuodoissa ja projektinjohtototeutuksessa suunnittelu on tilaajan vastuulla, kun suunnittelutoteutus -malleissa, perustajarakentamisessa ja BOT -mallissa suunnittelu on pääuraakoitsijan vastuulla. (Kolhonen et al., 1997 s.7-8) Jaottelu voidaan tehdä myös tarkemmin kuvan 8 mukaisesti. Suunnittele ja rakenna -muodot voidaan vielä jaotella KVR ja ST-urakoihin, riippuen tarjousten arviointiperusteista. Kokonaisvastuurakentaminen eli KVR-mallinen urakointi on suunnittelua sisältävä toteutusmuoto, jossa urakan kilpailuperusteena on joko pelkkä hinta tai laatu ja hinta yhdessä. Jos kilpailuperusteena on pelkkä laatu, kutsutaan toteutusmuotoa ST-urakaksi. Pääurakkamuodot jakautuvat kokonais- ja jaettuihin urakoihin ja osaurakkamuodot projektinjohtovastuun mukaan projektinjohtourakointiin ja projektinjohtokonsultointiin. (Peltonen and Kiiras, 1998, s.12 ja s.14) Teknisen suunnittelun sisältävät toteutusmuodot soveltuvat hyvin teolliseen korjausrakentamiseen, sillä urakoitsijan osaaminen ja tieto on tärkeä saada käyttöön jo eri suunnitteluratkaisujen toteutettavuutta mietittäessä, ei vasta toteutusvaiheessa. (RIL 258-2011, s.44-45)



Kuva 8. Toteutusmuotojen vastuujako (Peltonen and Kiiras, 1998)

Omaperusteinen rakentaminen

Rakennushanketta voidaan kutsua omaperustaiseksi, jos rakennushankkeeseen ryhtyvä toimii myös hankkeen urakoitsijana. Siinä hanke toteutetaan urakoitsijan hallinnassa olevalle tontille, eli tontille, joka on urakoitsijan omistama tai josta on tehty vuokrasopimus. Urakoitsija toteuttaa hankkeen omaan laskuunsa ja myös myy projektin osakkeet itse kuluttaja-asiakkaille. (NCC:n määritelmä) Tässä toteutusmuodossa rakennusliike siis suunnittelee, rakentaa, markkinoi ja myy itse kiinteistö- tai asunto-osaakeyhtiön osakkeet kuluttajille. Omaperusteisesta rakentamisesta käytetään myös nimitystä perustajaurakointi. (Lehtinen, 2012)

Yhteistoimintarakentaminen

Projektin toteutusmuotoa, jossa hanke toteutetaan urakoitsijan hallinnassa olevalle tontille, urakoitsijan laskuun, mutta jonka osakkeet myydään kerralla yhdelle asiakkaalle, kutsutaan tässä työssä yhteistoimintarakentamiseksi. (NCC:n määritelmä) Yhteistoimintarakentamisessa urakoitsija usein vastaa hankkeen suunnittelusta, toteutuksesta ja rakentamisesta. Jos urakoitsija myös hoitaa valmista kohdetta sovittun ajan, puhutaan BOT-mallista (build-operate-transfer). (Kolhonen et al., 1997, s.8) Vaihtoehtoisesti BOO-mallissa (build-own-operate) kohdetta ei luovuteta ulkopuoliselle, vaan se jää urakoitsijan hallintaan. (Kankainen and Junnonen, 2001, s.44)

Urakkarakentaminen

Toteutusmuotona urakkarakentaminen on tässä työssä rajattu projekteihin, jotka NCC on saanut toteutettavaksi urakkakilpailun perusteella, mutta joka ei ole projektinjohdourakka. Perinteisessä urakkarakentamisessa hankkeen suunnittelusta ja suunnitelmien sisällöstä vastaa tilaaja. Pääurakoitsija vastaa töiden yhteensovittelusta, koordinoinnista sekä työsuorittelusta, josta osa voidaan teettää aliurakoina. Jos tilaaja solmii urakkasopimuksen myös muiden kuin pääurakoitsijan kanssa, kutsutaan toteutusmuotoa jaetuksi urakaksi. Jaetussa urakassa sivu-urakoitsijat alistetaan alistussopimuksen kautta pääurakoitsijalle. (Peltonen and Kiiras, 1998, s.16–17) Perinteiden urakkarakentaminen ei so-

vellu parhaalla mahdollisella tavalla hankkeisiin, joissa urakoitsijan kokemusta ja asiantuntemusta tarvittaisiin jo suunnitteluvaiheessa eri ratkaisuvaihtoehtoja kehitettäessä, sillä urakoitsijoiden kilpailuttamisen aikaan suunnitelmien on oltava lähes valmiit. (RIL 258–2011, s.44-45)

Neuvottelu-urakka

NCC:n määrittelyn mukaan neuvottelu-urakka on neuvottelumenettelyllä ilman urakkakilpailua toteutettavaksi saatu urakointiprojekti. Hankkeen eri osapuolien välinen yhteistyö voi parhaimmillaan pienentää projektin kokonaiskustannuksia sekä lisätä laatua. Neuvottelu-urakka on tilaajan näkökulmasta kannattava toteutusmuoto erityisesti, jos urakoitsijan osaamista ja kokemusta halutaan hyödyntää suunnitelmien keskeneräisyyden tai kustannusten takia (Lehtinen, 2012). Toteutusmuotona neuvottelu-urakka mahdollistaa myös suunnittelun ja rakentamisen limittymisen. (Kolhonen et al., 1997, s.12-13) Sitä ei kuitenkaan voida käyttää julkisissa hankinnoissa, joissa tilaajan on kohdeltava kaikkia hankkeesta kiinnostuneita urakoitsijoita yhdenmukaisesti. (Kiiras, 2001)

Projektinjohtourakka

Tässä työssä projektinjohtourakalla tarkoitetaan NCC:n määritelmän mukaisesti projektinjohtomallilla toteutettavaa, urakkakilpailulla toteutettavaksi saatua urakointiprojektia. RT-kortti (RT 16-10906) määrittelee tarkemmin projektinjohtourakan toimintamalliksi, jossa projektinjohtotehtävät ja rakennustyöt monien aliurakoiden kautta kuuluvat projektinjohtourakoitsijalle. Suunnitelmien valmiusaste on rakennushankkeen alussa usein pieni ja urakkasopimus solmitaan siten vajailla tiedoilla, jotka täydentyvät toteutus suunnittelun ja rakentamisen aikana. Urakka-aikana tehtyt täsmennykset sisältyvät urakkasuoritukseen, eikä niistä laskuteta erikseen, jos ne sisältyvät sopimuksessa määriteltyyn laajuuteen ja laatutasoon. Projektinjohtourakan ja perinteisen urakan suurin ero on rakennuttajan päätösvalta ja vaikutusmahdollisuus hankintoihin ja suunnitteluratkaisuihin urakan aikana. Projektinjohtourakassa rakennuttaja säilyttää lopullisen päätösvalan, vaikka hankinnat tehtäisiin urakoitsijan nimiin. (RIL 262–2014, s.194–195)

2.5.2 Maksuperuste

Rakennusurakoita jaotellaan myös maksuperusteen mukaan, riippumatta hankkeen toteutusmuodosta.

Kokonaishintaurakka

Kiinteällä kokonaishinnalla tehtävää urakkaa kutsutaan kokonaishintaurakaksi. Kokonaishinta maksetaan urakoitsijalle maksuerätaulukon mukaisesti työnedistymisen perusteella. Projektin aikana ilmenevät lisä- ja muutostyöt maksetaan tai hyvitetään urakkasopimuksen yksikköhintaluettelon mukaan. (Kankainen and Junnonen, 2001, s.45) Kokonaishintaurakassa urakan loppusumman ollessa tiedossa jo projektin alkuvaiheessa hinta- ja määräriskit ovat urakoitsijalla, (Peltonen and Kiiras, 1998, s.20) mikä vapaut-

taa rakennuttajan palkka- ja materiaalikustannusten yksityiskohtaisesta valvonnasta. Kokonaishintaurakka onkin rakennuttajien suosiossa. (RIL 262–2014, s.199)

Yksikköhintaurakka

Yksikköhintaurakassa urakoitsija antaa tilaajalle täsmällisen yksiköihin jaettuihin työsuorituksiin perustuvan kiinteän hinnaston, jonka mukaan urakoitsija laskuttaa tilaajaa projektin edetessä. Työsuoritusten lopullista määrää ei siis tarvitse olla tiedossa urakan alkaessa. Urakoitsijan kannalta on kuitenkin hyvä olla tiedossa tarkka tekotapa, olosuhteet sekä työn arvioitu laajuus. (Kankainen and Junnonen, 2001, s.45) Yksikköhintaurakassa hintariski on urakoitsijalla ja määräriski on tilaajalla. (Peltonen and Kiiras, 1998, s.20) Yksikköhintaa suositaan urakkamuotona hankkeissa, joiden työmäärää ei voida tarkasti määritellä etukäteen. Tällaisia töitä ovat muun muassa maankaivu-, louhinta-, ja paalutustyöt. (RIL 262–2014, s.199–200) Urakkaohjelmaan tulee sisällyttää yksikköhintaa koskevat erityisohjeet. Sopimusta tehtäessä on tärkeä määritellä tarkasti käytettävä nimikkeistö ja sen mukainen määrämittaussohje sekä mahdolliset lisäerittelyt, määrälutetelon asema asiakirjojen pätevyysjärjestyksessä, urakkahinnan muodostuminen ja maksujen jaksottuminen sekä yksikköhintojen pätevyysalue ja yksikköhintojen käyttöperiaatteet esimerkiksi jos määrät muuttuvat. (RIL 266–2014, s.22)

Laskutyöurakka

Laskutyöurakassa hankkeen hinta- ja määräriskit ovat kokonaan tilaajalla, sillä tilaaja maksaa urakoitsijalle rakennustyöstä aiheutuvat todelliset kustannukset, eikä kokonaishinnasta tai määrästä ole tarkkaa tietoa ennen hankkeen valmistumista. Urakoitsijan velvollisuutena on hankkeen työnjohto, josta tilaaja maksaa urakoitsijalle palkkion. (Peltonen and Kiiras, 1998, s.20–21) Palkkion suuruus voi riippua toteutuneista rakennuskustannuksista tai olla kiinteähintainen. Laskutyö soveltuu urakoihin, jotka sisältävät suuria epävarmuustekijöitä, kuten korjaustyöt. (RIL 262–2014, s.200)

Tavoitehintaurakka

Tavoitehintaurakassa tilaajan maksuperusteena toimivat hankkeen todelliset kulut, kuten laskutyöurakassakin, kunnes saavutetaan tilaajan asettama tavoitehinta. Tavoitehinnan jälkeen tilaaja maksaa toteutuneista kustannuksista urakkasopimuksessa sovitussa suhteessa urakoitsijalle kattohintaan asti, joka toimii projektin enimmäishintana tilaajalle. Jos hankkeelle asetettu tavoitehinta alitetaan, maksetaan urakoitsijalle kannustimena tavoitehintapalkkio urakkasopimuksen mukaisesti. (Kankainen and Junnonen, 2001, s.45) Tavoitehintaurakassa tilaaja ja urakoitsija jakavat hankkeen hinta- ja määräriskit. (Peltonen and Kiiras, 1998, s.20) Urakkaohjelmaan onkin tärkeä määritellä tarkasti kaikki urakkahinnan muodostumiseen vaikuttavat asiat, kuten tavoitehinnan alituksen tai ylityksen jakautuminen osapuolten kesken, suunnitelmien kehittämisen sekä lisä- ja muutostöiden vaikutukset tavoite- ja kattohintaan. Rakennuttajan ja urakoitsijan on myös sovittava urakoitsijan kustannusvalvonnalle asetettavat vaatimukset sekä toteutus- kustannusten muodostuminen, korvaaminen ja maksaminen. (RIL 266–2014, s.22)

2.5.3 Liiketoimintaprosessi

Rakennusliike voi toimia useiden eri liiketoimintaprosessien kautta. Tässä osiossa on esitelty vain ne liiketoimintaprosessit, joita sisältyi diplomityössä tutkittaviin hankkeisiin ja kuvaukset perustuvat NCC Rakennus Oy:n liiketoimintaprosessien määritelmiin, jotka on saatu yrityksen omasta järjestelmästä.

Tähtikoti

Tähtikoti on NCC:n tuotenimi omaperusteiselle asuinrakennusprojektille. Tähtikotikohteissa NCC toimii rakennuksen perustajaurakoitsijana ja hankkeen valmistuttua myös asunto-osakkeiden myyjänä kuluttaja-asiakkaille. Hanke voi olla hintasäädely.

Urakointi

Liiketoimintaprosessina urakoinniksi tässä työssä kutsutaan urakkakilpailun kautta saatuja uudis- tai korjausrakentamisprojekteja, joissa toteutus tapahtuu usein asiakkaan laatimien suunnitelma-asiakirjojen perusteella.

Toimitilapartnering

Toimitilapartneringissa on kyse toimitilojen uudis- tai korjausrakentamiskohteesta, jossa urakoitsijan vastuulle kuuluu rakentamisen lisäksi myös suunnitelmien tuottaminen ja niiden toimivuudesta vastaaminen. Toimitilapartneriin kuuluvat kaikki KVR-urakkakilpailun kautta saadut toimitilakohteet.

Asuntopartnering

Asuntopartnering vastaa perusajatukseltaan toimitilapartneringia, eli NCC:llä on vastuu sekä rakentamisesta että suunnitelmista. KVR-urakkakilpailun kautta saadun asunto-kohteen lisäksi asuntopartneringin hanke voi olla myös yhdelle tilaajalle toteutettava, omaperusteinen asuinrakennusprojekti.

Kiinteistökehitys

Liiketoimintaprosessina kiinteistökehitys tarkoittaa omaperustaista toimitila- tai kaupapaikkaprojektia.

3. TUTKIMUKSEN SUORITUS JA AINEISTO

3.1 Aineiston kokoaminen

Tässä diplomityössä tutkittiin NCC Rakennus Oy:n toteuttamia rakennushankkeita talonrakentamisen- asuntorakentamisen ja korjausrakentamisen yksiköistä. Kaikki tutkitut hankkeet ovat valmistuneet vuonna 2009 tai sen jälkeen. Asuntorakentamisen hankkeista kaikki on tehty Lahden tai Hämeenlinnan alueilla. Tutkimus rajattiin koskemaan vain yli 6 kuukautta kestäviä hankkeita. Käytännön syistä tarkastelun ulkopuolelle jäivät myös kaikki hankkeet, joista ei löytynyt tietoa yrityksen yleisestä projektidatapankista.

Yhteensä tutkimuksessa tarkasteltiin 139 hankkeen kustannuksia, joista 131 hyväksyttiin lopulliseen aineistoon. Aineisto saatiin NCC Rakennus Oy:n omasta tietokannasta ja se sisälsi kustakin hankkeesta tiedon toteutusmuodosta, rakennustyyppistä, maksuperusteesta sekä kuukausittain kirjatusta kustannuksista. Tämän lisäksi NCC Rakennus Oy:n projektidatapankista haettiin hankekohtaisesti tiedot projektin toteutaneesta yksiköstä, liiketoimintaprosessista, rakentamisen aloitus- ja luovutuspäivämäärästä sekä tavoite- ja toteutuneista kustannuksista. Jos tarkkaa luovutuspäivää ei ollut kirjattu projektin tietoihin, käytettiin hankkeen päättymispäivänä sopimukseen kirjattua luovutuspäivämäärää.

Hankkeille kirjatut kuukausittaiset kustannukset kuvaavat kuukauden lopussa projektilta laskutettuja kustannuksia, eli kustannuksia joiden lasku on kirjattu järjestelmään. Näin ollen kustannusten kirjauksissa näkyy laskutusviive, muttei maksuaika. Kustannukset sisältävät kaikki hankkeen rakennusaikana kirjatut kustannukset pääryhmistä 1-9 rakentamisvaiheen alusta lukien 130 % rakentamisajasta. Tällä haluttiin varmistaa, että myös luovutuksen jälkeen kirjautuvat kustannukset tulevat huomioon otettua kokonaiskustannuksissa. Jokaisen tarkastellun hankkeen kustannuksista laskettiin kuukausittain kertyvä kumulatiivinen summa. Jos hankkeen kustannuskäyrä oli kovin poikkeava muista käyristä, haastateltiin kyseisen työmaan työpäällikköä tai vastaavaa mestaria lähtötietojen, kuten aloitus- ja luovutuspäivän tarkastamiseksi. Tämän haastattelukierroksen aikana saatujen tietojen perusteella kahdeksan hankkeen lähtötietoja korjattiin ja kolme hanketta hylättiin aineistosta kokonaan. Hankkeen hylkäämisen yleisin syy oli selkeästi monivaiheinen luovutusprosessi. Tämän lisäksi viisi hanketta päätettiin hylätä aineistosta selkeästi poikkeavan kustannuskäyrän johdosta. Näissä hankkeissa hylkäämisen syinä oli esimerkiksi negatiivinen kustannuskertymä jossain hankkeen vaiheessa.

Hankkeen ajallisessa tarkastelussa 100 % kokonaisajasta on rakentamisvaiheen alusta luovutuspäivään ja tarkastelu ulotettiin 30 % tämän yli. Ensimmäisen kuukauden kustannustarkastelussa oletettiin, että kaikki sille kuukaudelle merkityt kustannukset olivat kirjautuneet aloituspäivän jälkeen. Kuukausitarkastelussa on huomiotu kalenteri-

kuukaudet, esimerkiksi helmikuun 28 päivää ja maaliskuun 31 päivää, mutta kuukausista ei ole poistettu kansallisia lomapäiviä tai viikonloppuja. Myöskään yleisiä lomakausia, kuten joulua tai heinäkuun kesälomia ei ole huomioitu tarkastelussa.

3.2 Aineiston jaottelu

Tutkimukseen kerätty aineisto jaoteltiin useaan eri ryhmään riippuen tarkasteltavien hankkeiden luonteesta. Jaotteluperusteena pidettiin rakennusvaiheen kestoa, maksuperustetta, toteutusmuotoa, rakennustyyppiä, projektin kustannuksia ja liiketoimintaprosessia. Tämän lisäksi hankkeet jaoteltiin toteutuksesta vastanneen yksikön perusteella uudis- ja korjauskohteisiin ja uudiskohteet edelleen asunto- ja talonrakentamisen kohteisiin.

Hankkeiden kesto laskettiin kuukausina rakennusvaiheen alusta luovutuspäivään. Keston perusteella hankkeet jaoteltiin kolmeen luokkaan: 6-12 kuukautta, 12-18 kuukautta ja yli 18 kuukautta kestävät hankkeet. Hankkeiden lukumäärä on merkitty yksiköittäin taulukkoon 2.

Taulukko 2. *Hankkeiden lukumäärät keston mukaan lajiteltuna*

Kesto	Talonrakentaminen	Asuntorakentaminen	Korjausrakentaminen
6-12 kk	17	11	32
12-18 kk	22	20	21
yli 18 kk	7	0	6

Maksuperusteen mukaan hankkeet jaoteltiin neljään ryhmään: kiinteähintaisiin, tavoitehintaisiin, laskutöihin sekä muihin maksuperusteisiin. Toteutusmuotoina olivat omaperustainen, urakkarakentaminen, projektinjohtourakointi, yhteistoimintarakentaminen, neuvottelu-urakointi sekä muut toteutusmuodot. Liiketoimintaprosessijaotteluna oli NCC:n tähtikoti hankkeet, perinteinen urakointi, kiinteistökehitys ja toimitilapartnering tai asuntokohteissa asuntopartnering. Maksuperusteen, toteutusmuodon ja liiketoimintaprosessin perusteella lajitellut hankemäärät näkyvät taulukossa 3.

Taulukko 3. *Hankkeiden lukumäärät maksuperusteen, toteutusmuodon ja liiketoimintaprosessin mukaan jaoteltuna*

	Talonrakentaminen	Asuntorakentaminen	Korjausrakentaminen
Kiinteähintainen	23	24	25
Tavoitehintainen	20	5	26
Laskutyö	2	0	8
Muu maksuperuste	1	0	0
Omaperustainen	0	13	0
Urakkarakentaminen	9	6	24
Yhteistoimintarakentaminen	3	5	0

Neuvottelu-urakointi	18	2	10
Projektinjohtourakointi	3	1	24
Muut toteutusmuodot	13	2	1
Tähtikoti	0	14	0
Urakointi	19	9	44
Kiinteistökehitys	17	0	1
Toimitilapartnering/ Asutopartnering	10	6	13

Rakennustyyppin mukaisessa jaottelussa käytettiin NCC Rakennus Oy:n parametrioheituksen mukaista rakennustyyppipääryhmäjakoa. Siinä rakennustyyppit on jaettu kymmeen pääryhmään: asuinrakennukset, myymälä-, majoitus- ja ravitsemusrakennukset, hoitoalan rakennukset, toimistorakennukset, kokoontumisrakennukset, opetusrakennukset, teollisuusrakennukset, varastorakennukset, infrarakentaminen ja muut rakennukset. Tutkimusrajauksen vuoksi tarkasteluun ei tullut yhtään infrahanketta.

Uudisrakentamisessa asuinrakennukset on jaoteltu omaksi asuntorakentamisen tarkastelukohteekseen, sillä suurin osa NCC:n asutokohteista tehdään omassa asuntorakentamisen AR-yksikössä ja muut uudisrakentamisen kohteet talonrakentamisen TR-yksikössä. Rakennustyypeittäin jaotellut hankemäärät on lueteltu taulukossa 4. Uudisrakentamisen asuinrakennukset myös jaoteltiin tarkasteluissa tarkemmin rakennustyyppin mukaan pistetaloihin (20 kpl), lamellitaloihin (4 kpl), luhtitaloihin (1 kpl), rivitaloihin (3 kpl) ja pienkerrostaloihin (1 kpl).

Taulukko 4. *Hankkeiden lukumäärät rakennustyypeittäin jaoteltuna*

Rakennustyyppi	Uudisrakentaminen	Korjausrakentaminen
Asuinrakennukset	29	28
Myymälä-, majoitus- ja ravitsemusrakennukset	9	2
Hoitoalan rakennukset	7	3
Toimistorakennukset	14	14
Kokoontumisrakennukset	0	1
Opetusrakennukset	7	9
Teollisuusrakennukset	4	0
Varastorakennukset	1	0
Muut rakennukset	3	2

Hankkeen kustannusten perusteella hankkeet jaoteltiin aluksi kustannusluokkiin viiden miljoonan euron välein. Alle 5 miljoona euron hankkeita oli kuitenkin lukumäärällisesti niin suuri määrä, että se päätettiin jakaa vielä kahteen luokkaan: alle 3 miljoonan ja 3-5 miljoonan euron hankkeet. Näin syntyi lajittelun viisi luokkaa: alle 3 miljoonan, 3-5

miljoonan, 5-10 miljoonan, 10-15 miljoonan ja yli 15 miljoonan hankkeet. Asuntorakentamisen puolella alle 3 miljoonan hankkeet jaettiin vielä kahtia 2-3 miljoonan ja alle 2 miljoonan hankkeiden ryhmiin, jotta hankkeet eivät olisi niin voimakkaasti painottuneet yhteen ryhmään. Eri kustannusluokkien hankemäärät on esitetty taulukossa 5.

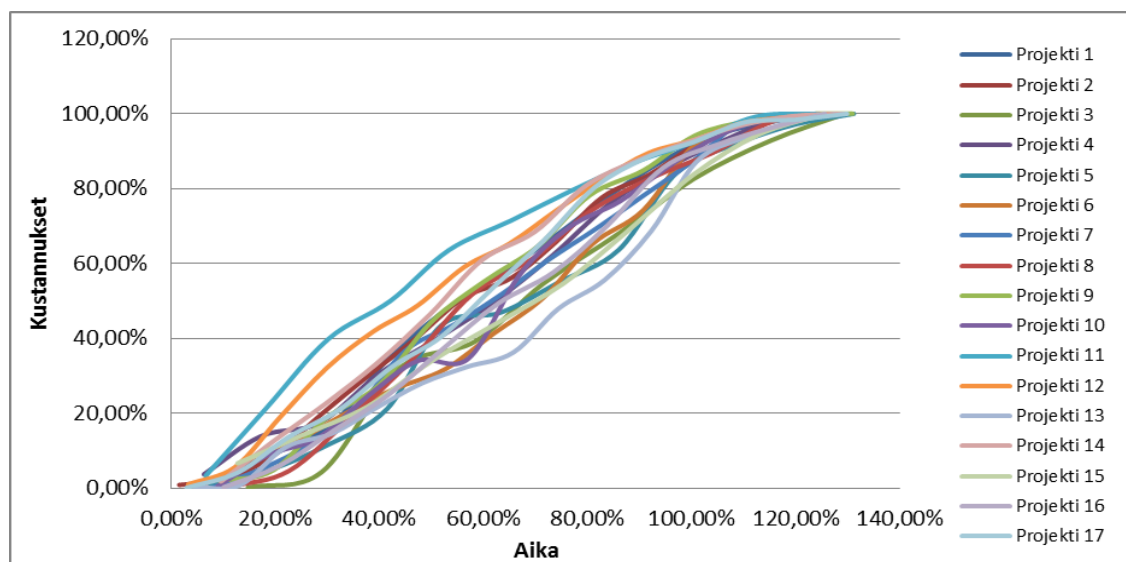
Taulukko 5. *Hankkeiden lukumäärät kokonaiskustannusten perusteella lajiteltuna*

Kustannukset	Talonrakentaminen	Asunto- rakentaminen	Korjaus- rakentaminen
alle 2 miljoonaa	2	7	13
2-3 miljoonaa	6	12	9
3-5 miljoonaa	12	10	20
5-10 miljoonaa	16	0	13
10-15 miljoonaa	7	0	3
yli 15 miljoonaa	3	0	0

Taulukoissa 2-5 esiteltyjä ryhmiä kutsutaan tässä tutkimuksessa pääryhmiksi. Jokainen pääryhmä jaoteltiin vielä alaryhmiin kustannusten, hankkeen keston, maksuperusteen, toteutusmuodon, liiketoimintaprosessin sekä rakennustyyppin mukaan. Ryhmät ja tulokset on esitelty tarkemmin luvussa 4.

3.3 Tiedonlouhinta

Tutkimusmenetelmänä tässä työssä on käytetty tiedonlouhinta, mikä laajassa merkityksessä tarkoittaa hyödyllisen tiedon löytämistä laajasta tietokannasta. (Mannila, 1997)

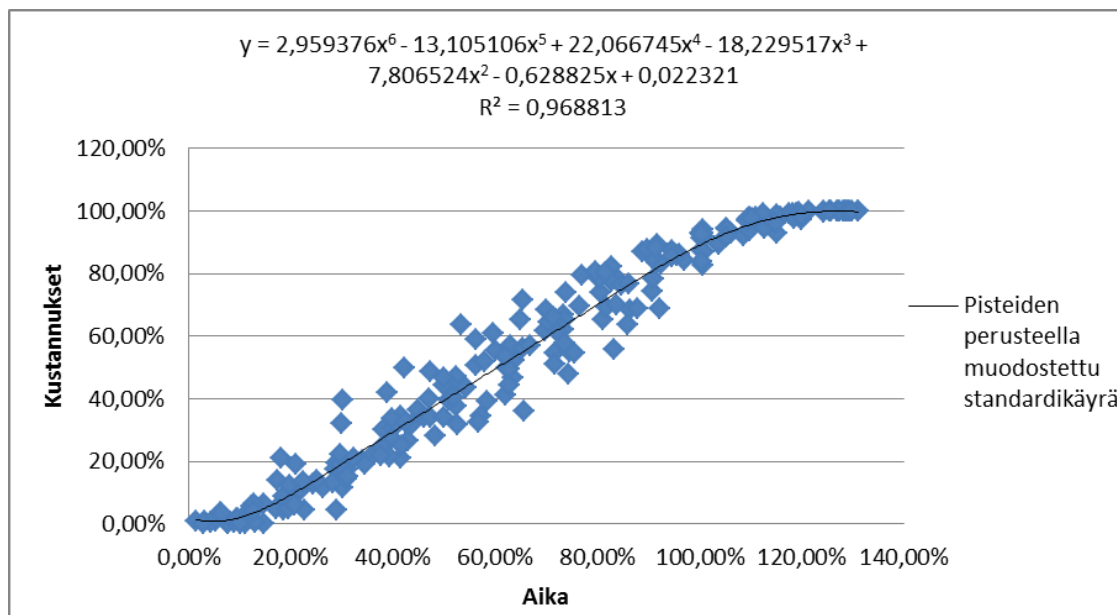


Kuva 9. *Lajiteltujen hankkeiden kootut kustannuskäyrät*

Rakennushankkeen kustannuskäyrän muotoa yhdistäviä tekijöitä on pyritty löytämään yhdistämällä tutkittavia kustannuskäyriä joukoiksi useilla eri määritelmillä käyttäen taulukooissa 2-5 esitettyä jaottelua sekä näiden yhdistelmiä, esimerkiksi korjausraken-

tamisen toimistorakennukset, kiinteähintainen. Lajitellun joukon käyrät piirrettiin aluksi samaan kuvaajaan kuvan 9 esimerkin mukaisesti ja näin luotua kuvaajaa tarkasteltiin silmämääräisesti. Jos jokin joukon kustannuskäyristä poikkesi selkeästi muista, poikkeavuuden syy pyrittiin selvittämään. Tämän kaltaisen tarkastelun pohjalta yhteensä kahdeksan hanketta poistettiin tarkastelusta.

Tarkastelun jälkeen kaikkien yhteen lajittelujoukkoon kuuluvien käyrien kuukausittaiset kustannuspisteet piirrettiin yhteen kuvaajaan ajan kulkiessa x-akselilla ja kustannusten ollessa y-akselilla. Näiden pisteiden perusteella määritettiin pistejoukkoa kuvaava standardikäyrä Microsoft Excelin trendiviiva-toiminnolla, kuten kuvassa 10 on esitetty. Kustannuskäyrä määritettiin kaikille vähintään kolme hanketta sisältävälle lajitteluryhmälle. Yhteensä ryhmiä ja standardikäyriä luotiin pääryhmätasolla 61 kappaletta ja alaryhmätasolla 240 kappaletta. Tämän lisäksi kullekin yksikölle laskettiin oma, kaikista yksikön hankkeista koostuva yksi standardikäyrä.



Kuva 10. Lajiteltujen hankkeiden kustannuspisteiden mukaan määritetty standardikustannuskäyrä

Standardikäyräksi valittiin 6:n asteen polynomifunktio, sillä se antoi muita vaihtoehtoja suuremman selityskertoimen R^2 ja siten osoitti kuvaavansa paremmin aineistoa kuin muut trendiviiva-toiminnon tarjoamat standardikäyrän vaihtoehdot. Kullekin standardikäyrälle laskettiin myös korrelaatiokerroin R Microsoft Excelin antaman mallin selityskertoimen avulla.

3.3.1 Standardikäyrän virheen laskenta

Tilastotieteessä suosittu menetelmä aineiston testaamiseen on χ^2 -testi (khiin neliö). Menetelmä on kuitenkin tarkoitettu lähinnä frekvenssijakauman sisältäviin aineistoihin, eikä jatkuvien jakaumien arviointiin, kuten tässä tutkimuksessa. Standardikäyrää koske-

vissa tutkimuksissa yleinen käyrän hyvyttä tarkasteleva menetelmä on keskihajonta, SDY (standard deviation about the estimate of Y). Esimerkiksi neljännen asteen yhtälölle SDY lasketaan seuraavalla kaavalla (Kenley, 2003, s.51)

$$SDY = \sqrt{\frac{(Y - Y_E)^2}{n-4}} \quad (10)$$

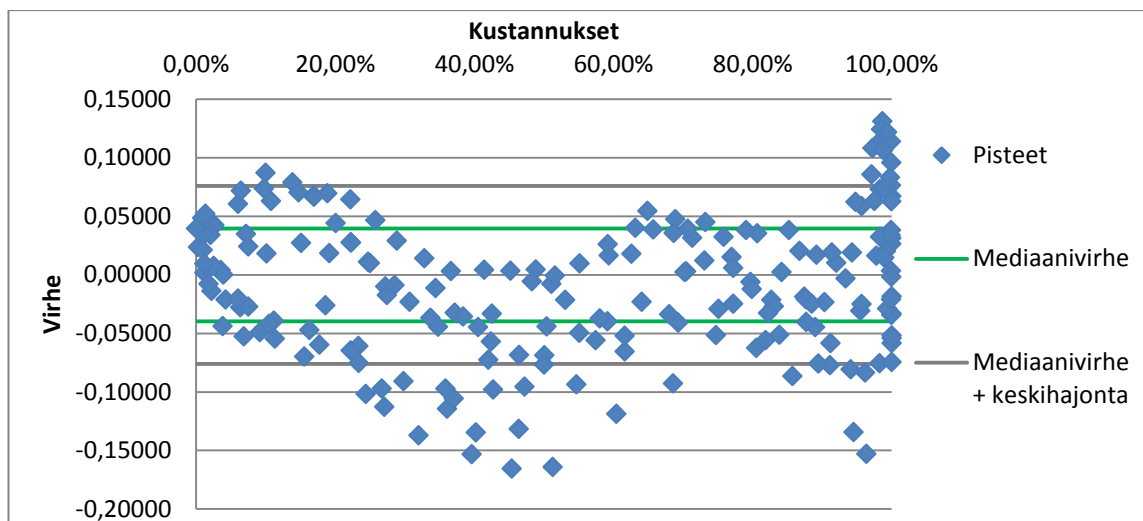
SDY soveltuu hyvin käyrien väliseen vertailuun, muttei anna tarkkaa kuvaa käyrän virheestä aineistoon nähden, mistä johtuen tässä tutkimuksessa päädyttiin käyttämään mediaanivirhettä ja virheen keskihajontaa kuvaamaan yhdessä käyrän sopivuutta aineistoon. Mediaanivirhettä hyödynnetään myös tämän työn pohjalta luotavassa työmaan aikataulutarkastelussa. Standardikäyrän mediaanivirhe on laskettu kuvan 10 mukaisen pistejoukon ja standardikäyrän erotuksista ja näiden erotusten perusteella määritettiin myös virheen keskihajonta. Jos mediaanivirheen ja virheen keskihajonnan summasta koostuva virheraja on pieni, se kertoo tutkittavien kustannuskäyrien olevan lähellä toisiinsa ja siten niiden perusteella muodostetun standardikäyrän kuvaavan hyvin tutkittavia hankkeita. Koko käyrän matkalta laskettu yksi mediaanivirhe ja virheen keskihajonta mahdollistavat myös käyräjoukkojen vertailun keskenään. Mediaanivirheen sisään mahtuu 50 % kaikista pistejoukon pisteistä ja virherajan, eli mediaanivirheen ja keskihajonnan summan sisään mahtuu noin 80 % kaikista pisteistä. Lasketut mediaanivirheet ja virheen keskihajonnat on esitelty tarkemmin luvussa 4.1 Virherajat.

Kaikki työssä tutkitut hankkeet jaoteltiin pää- ja alaryhmiin kullekin yli kolme hanketta sisältäneelle ryhmälle laskettiin oma standardikäyrä sekä käyrän mediaanivirhe ja virheen keskihajonta. Jaottelu ja lasketut tulokset esitellään tarkemmin luvussa 4 tulokset ja tulosten tarkastelu.

Tarkempaa virheen tarkastelua varten pääryhmien käyräjoukot jaettiin vielä kustannusten mukaan 10 osaan, 10 % välein ja kullekin välille määritettiin oma mediaanivirhe sekä virheen keskihajonta. Tarkastelun tulokset on esitelty luvussa 4.3.1 ja taulukoitu liitteessä 1.

3.3.2 Standardikäyrän virheen jakautuminen

Kaikkien luotujen standardikäyrien virheistä piirrettiin kuvan 11 mukainen kuvaaja. Kuvaajan avulla tarkasteltiin, kuinka hyvin standardikäyrä kuvaa annettua aineistoa. Ideaalisesti virheet jakautuvat tasaisesti molemmille puolille nollavirhe-akselia, jolloin standardikäyrän funktion voidaan olettaa kuvaavan hyvin tietokantaa ja virheiden olevan täysin satunnaisia. Jos virheet sen sijaan asettuvat selkeästi toispuoleisesti tai muodostavat jonkinlaisen kuvion, kuten kuvassa 11, vaikuttaa tarkasteltavaan tietokantaan voimakkaasti myös jokin muu seikka kuin mitä kyseisen standardikäyrän aineiston jaottelussa on huomioitu. Yhteenkään tarkastelun hankejoukkoon ei kuitenkaan muodostunut voimakkaasti painottunutta virhejakaumaa, joten kaikki käyrät pystyttiin muodostamaan kuudennen asteen polynomifunktiota käyttäen, eikä yhtään standardikäyrää tarvinnut hylätä aineistosta. (Motulsky and Christopoulos, 2004, s. 35-36)



Kuva 11. Virheen jakautuminen epätasaisesti

3.4 Aikataulutarkastelumenetelmä

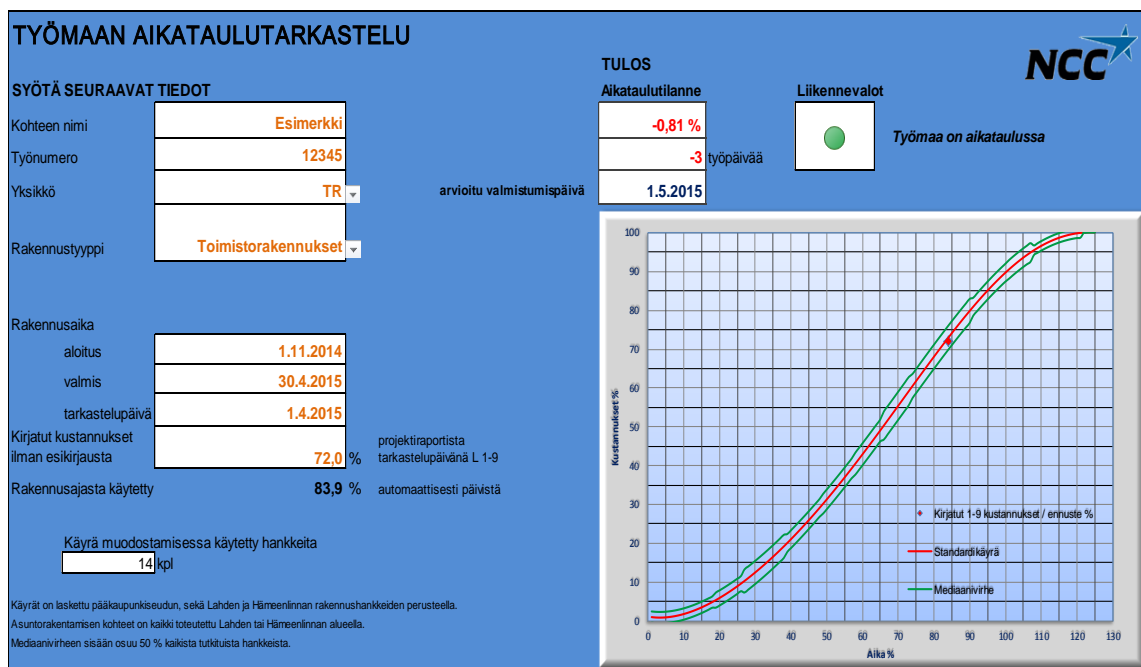
Tutkimuksessa luotujen standardikäyrien perusteella luotiin Microsoft Excel –ohjelmaan pohjautuva aikataulutarkastelumenetelmä. Menetelmä etsii käytettävän standardikäyrän käyttäjän määrittämän projektin yksikön ja rakennustyyppin mukaan. Käyttäjä syöttää lähtötiedoiksi myös rakennusvaiheen alkamisen ajankohdan sekä arvioidun valmistumispäivän. Hankkeen projektiraportista löytyy tarkastelupäivään mennessä projektille kirjatut kustannukset suoraan prosentteina arvioidusta budjetista. Myös nämä tiedot tulee kirjata kuvan 12 mukaiseen taulukkoon.

Näiden tietojen perusteella aikataulutarkastelumenetelmä kertoo, onko projektissa syntynyt kustannuksia samalla tahdilla kuin muissa samankaltaisissa hankkeissa ja sen perusteella antaa arvion hankkeen aikataulutilanteesta prosentteina sekä työpäivinä. Menetelmä laskee myös hankkeelle arvioidun valmistumispäivän, jos kustannusten kertymistähti pysyy samana kuin tarkasteluhetkeen mennessä. Arvio on suuntaa-antava ja sen tarkoitus on osoittaa, onko projektin johdolla tarvetta tarkastella hankkeen aikataulu- ja kustannustilannetta tarkemmin.

Aikataulutarkastelumenetelmässä standardikäyrän muodostavien hankkeiden minimimääränä pidettiin kuutta hanketta. Asunto-, talon- ja korjausrakentamiselle laskettiin myös kullekin kaikista yksikön hankkeista koostuva standardikäyrä, joka on nimetty menetelmään otsikolla muut rakennustyyppit. Tätä käyrää hyödynnetään, jos tutkittavan hankkeen rakennustyyppille ei ole olemassa omaa standardikäyrää.

Jokaiselle standardikäyrälle laskettiin myös mediaanivirhe kustannusakselilla 10 %:n välein ja tämä virhe näkyy menetelmässä vihreänä viivana standardikäyrän molemmin puolin. Mediaanivirhe laskettiin tarkennetusti väleille 0-5 %, 5-10 %, 90-95 % ja 95-100 %, jotta kustannuskertymän laskentatavasta johtuva virherajan huomattava pieneneminen käyrien alku- ja loppupään tuntumassa ei vaikuttaisi koko tarkastelujakson mediaanivirheeseen.

Mediaanivirheeseen perustuu myös menetelmän oikeassa yläreunassa näkyvä liikennevalo. Valo muuttuu keltaiseksi, jos kustannukset poikkeavat tarkasteluhetkellä enemmän kuin puolet mediaanivirheestä. Punainen valo syttyy, jos kustannukset ylittävät mediaanivirheen viivan. Näillä valoilla on tarkoitus viestiä käyttäjälle, milloin on syytä aloittaa rakennushankkeen kustannus- ja aikataulutilanteen tarkempi tarkastelu.



Kuva 12. Työmaan aikataulutarkastelu

4. TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Virherajat

Tarkasteltavat hankkeet jaettiin ensin uudisrakentamiseen ja korjausrakentamiseen ja uudisrakentaminen vielä talonrakentamiseen ja asuntorakentamiseen. Tämän jälkeen hankkeet jaettiin edelleen maksuperusteen, projektin keston, toteutusmuodon, kustannusten, liiketoimintaprosessin ja rakennustyyppin mukaan omiin hankejoukkoihinsa. Kullekin vähintään kolmesta hankkeesta muodostuvalle hankejoukolle laskettiin standardikustannuskäyrä, käyrän mediaanivirhe, keskihajonta sekä näiden kahden luvun summana muodostuva virheraja luvussa 3 kuvatulla tavalla. Lasketut tulokset on esitetty taulukoissa 6, 7 ja 8. Taulukoiden tulkinnan helpottamiseksi kullekin lajitteluperusteelle on laskettu hankkeiden lukumäärällä painotettu virherajan ja korrelaatiokertoimen keskiarvo. Taulukoon pienentämiseksi hankkeiden lukumäärän osoittavan sarakkeen otsikoksi on lyhennetty lkm.

Taulukko 6. Talonrakentamisen pääryhmät

Talonrakentaminen	lkm.	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Virheraja	Korrelaatiokerroin	Painotettu keskiarvo
Kiinteähinta	23	2,11 %	3,53 %	5,64 %	0,99059477	5,30 %
Tavoitehintaa	20	1,93 %	2,97 %	4,90 %	0,99330257	0,99185421
6-12kk	17	2,59 %	4,09 %	6,68 %	0,98643094	5,27 %
12-18kk	22	1,90 %	2,47 %	4,36 %	0,99476681	0,99151472
yli 18kk	6	1,87 %	2,75 %	4,62 %	0,99399447	
Urakka-rakentaminen	9	1,61 %	2,58 %	4,19 %	0,99448982	
Yhteistoimintarakentaminen	3	1,85 %	3,40 %	5,25 %	0,99079614	5,01 %
Neuvottelu-urakka	17	1,63 %	2,47 %	4,10 %	0,99536325	0,99218833
PJ-urakka	3	0,88 %	1,98 %	2,86 %	0,9973164	
Muu toteutusmuoto	13	3,25 %	3,97 %	7,22 %	0,98558105	
alle 3 milj.	9	2,34 %	2,47 %	4,81 %	0,99405935	
3-5 milj.	11	2,65 %	4,42 %	7,07 %	0,98475835	5,11 %
5-10 milj.	15	1,50 %	2,77 %	4,27 %	0,99462204	0,99221724
10-15 milj.	7	2,49 %	2,36 %	4,86 %	0,99473514	
yli 15 milj.	3	1,74 %	1,87 %	3,60 %	0,99614105	
Urakointi	18	1,67 %	2,47 %	4,14 %	0,99473414	4,88 %
Kiinteistökehitys	17	1,75 %	2,74 %	4,49 %	0,99431484	0,99261002
Toimitilapartnering	10	2,58 %	4,32 %	6,90 %	0,98588843	

Myymälä-, majoitus- ja ravitsemusrakennukset	8	2,01 %	3,45 %	5,45 %	0,9908461	4,46 % 0,99399268
Hoitoalan rakennukset	7	0,96 %	2,03 %	2,98 %	0,9969012	
Toimistorakennukset	14	1,74 %	2,34 %	4,08 %	0,99549636	
Opetusrakennukset	7	1,77 %	2,08 %	3,85 %	0,99577307	
Teollisuusrakennukset	4	3,23 %	3,22 %	6,45 %	0,98950897	
Muut	3	2,51 %	3,29 %	5,81 %	0,99040396	

Huomattavaa taulukossa 6 on eri pääryhmien virherajojen väliset, suhteellisen suuret erot. Lajitteluperusteiden painotetun keskiarvon mukaan tarkasteltuna pienimmät virherajat antavat rakennustyyppi ja liiketoimintaprosessi, suurimmat virherajat ovat maksuperusteen ja rakennusvaiheen keston mukaan lajitelluissa kohteissa. Virherajoissa on eroja lajitteluperusteen sisälläkin, esimerkiksi rakennustyyppin perusteella jaotellussa ryhmässä hoitoalan rakennusten yhteenlaskettu virheraja on 2,98 prosenttiyksikköä, kun lähes yhtä monta hanketta sisältävä myymälä-, majoitus- ja ravitsemusrakennusten hankeryhmän virheraja on 5,45 %. Lajitteluperusteita vertaillen tulee toki huomata, että joissain pääryhmissä tarkasteltavia hankkeita on vain muutamia. Jos tarkastellaan vain vähintään kuusi hanketta sisältäviä pääryhmiä, tulokset eivät kuitenkaan juuri muutu rakennustyyppin ja liiketoiminta pysyessä parhaimpina lajitteluperusteina. Korrelaatiokertoimella vertailtuna järjestys pysyy lähes muuttumattomana.

Taulukko 7. Asuntorakentamisen pääryhmät

Asuntorakentaminen	lkm.	Mediaanivirhe	Keskiahajonta	Virheraja	Korrelaatiokerroin	Painotettu keskiarvo
6-12kk	11	2,89 %	4,58 %	7,47 %	0,981272	6,39 %
12-18kk	18	2,19 %	3,55 %	5,74 %	0,989281	0,98624299
Omaperustainen	13	2,29 %	3,72 %	6,01 %	0,988185	6,12 %
Urakkarakentaminen	6	3,24 %	4,26 %	7,50 %	0,981657	0,98752662
Yhteistoimintarakentaminen	5	2,26 %	2,51 %	4,77 %	0,992857	
Kiinteähinta	24	2,53 %	3,94 %	6,47 %	0,986861	6,49 %
Tavoitehintaa	5	2,50 %	4,10 %	6,60 %	0,985639	0,98665044
Pistetalo	20	2,31 %	4,03 %	6,34 %	0,986702	5,90 %
Lamellitalo	4	2,47 %	2,33 %	4,81 %	0,993263	0,98842281
Rivitalo	3	1,79 %	2,59 %	4,38 %	0,993441	
Tähtikoti	14	2,35 %	3,63 %	5,98 %	0,988609	6,13 %
Urakointi	9	2,96 %	4,32 %	7,28 %	0,984290	0,98808781
Asuntopartnering	6	2,17 %	2,56 %	4,74 %	0,992570	
alle 2 milj.	7	1,42 %	2,95 %	4,37 %	0,993117	6,45 %
2-3 milj.	12	3,10 %	4,58 %	7,69 %	0,982107	0,98673117

yli 3 milj.	10	2,74 %	3,68 %	6,42 %	0,987810	
-------------	----	--------	--------	--------	----------	--

Asuntorakentamisen puolella virherajat ovat vaihtelevat lajitteluperusteiden välillä vähemmän kuin talonrakentamisen luvut, jos tarkastellaan painotettuja keskiarvoja. Taulukon 7 lukujen perusteella rakennustyyppiä voidaan pitää parhaana lajitteluperusteena 5,90 prosenttiyksikön tuloksella, mutta suurimmat keskimääräiset virherajat antavissa maksuperusteen (6,49 %) ja kustannusten (6,45 %) kategorioissakaan tulos ei poikkea siitä suuresti. Lajitteluperusteen sisällä tulokset sen sijaan voivat vaihdella suurestikin urakkarakentamisen virherajan ollessa 7,50 prosenttiyksikköä ja suunnilleen saman verran hankkeita sisältävän yhteistoimintarakentaminen –pääryhmässä virheraja on 4,77 prosenttiyksikköä. Pienin virheraja oli alle 2 miljoonan euron hankkeiden pääryhmässä (4,37 %).

Taulukko 8. Korjausrakentamisen pääryhmät

Korjausrakentaminen	lkm.	Mediaani- virhe	Keski- hajonta	Virheraja	Korrelaatio- kerroin	Painotettu keskiarvo
Kiinteähinta	23	2,77 %	3,39 %	6,17 %	0,99002222	6,11 %
Tavoitehintaa	26	2,39 %	3,82 %	6,21 %	0,98889433	0,98951987
Laskutyö	8	2,03 %	3,56 %	5,59 %	0,99010858	
6-12kk	30	2,31 %	3,93 %	6,23 %	0,98860811	5,87 %
12-18kk	21	2,22 %	3,76 %	5,98 %	0,98947208	0,98972316
yli 18kk	6	1,66 %	2,04 %	3,70 %	0,99617719	
Urakkarakentaminen	22	2,51 %	3,37 %	5,88 %	0,99060739	6,10 %
Neuvottelu-urakka	10	2,48 %	3,27 %	5,75 %	0,99035044	0,98948483
PJ-urakka	24	2,51 %	3,93 %	6,44 %	0,98809514	
alle 3 milj.	21	2,69 %	4,15 %	6,84 %	0,98672185	
3-5 milj.	20	2,27 %	3,69 %	5,96 %	0,98950392	6,34 %
5-10 milj.	13	2,48 %	3,90 %	6,38 %	0,98798381	0,9882924
10-15 milj.	3	2,67 %	2,63 %	5,30 %	0,99254672	
Urakointi	42	2,62 %	3,80 %	6,42 %	0,98831523	6,46 %
Toimitilapartnering	14	2,57 %	4,03 %	6,60 %	0,98690526	0,98796274
Asuinrakennukset	26	2,80 %	4,64 %	7,45 %	0,98463648	
Hoitoalan rakennukset	3	2,58 %	3,33 %	5,91 %	0,99107517	6,55 %
Toimistorakennukset	14	2,32 %	3,40 %	5,72 %	0,99085468	0,98812656
Opetusrakennukset	9	2,91 %	2,55 %	5,46 %	0,99298238	

Korjausrakentamisessa virherajat ovat pääsääntöisesti suurempia kuin vastaavat pääryhmät talonrakentamisen puolella, ainoastaan 6-12 kuukauden, yli 18 kuukauden, 3-5 miljoonan ja toimitilapartnering pääryhmien virherajat olivat pienemmät. Asuntorakentamiseen vertaaminen on vaikeampaa hankkeiden lukumäärästä ja jakautumisesta johtuvan pääryhmien erilaisuuden vuoksi, mutta suuruusluokaltaan korjausrakentamisen virherajat ovat asuinrakentamisen luokkaa. Korjausrakentamisen sisällä pienimmät virherajat saatiin rakennusvaiheen keston mukaisella jaottelulla ja muille kärkisijoille pääsi-

vät maksuperusteen ja toteutusmuodon pääryhmät. Rakennustyyppin mukainen jaottelu tuotti painotetun keskiarvon mukaan laskettuna suurimmat virherajat. Tulokset pysyvät samansuuntaisina tarkasteltaessa vain vähintään 6 hanketta sisältäviä pääryhmiä tai korrelaatiokertoimia.

4.1.1 Alaryhmien virheiden tarkastelu

Tarkempaa tarkastelua varten pääryhmät jaettiin vielä alaryhmiin yhdistelemällä pääryhmien lajitteluperusteita keskenään. Kullekin vähintään kolme hanketta sisältävälle alaryhmälle, esimerkiksi talonrakentamisen kiinteähintaiset 12-18 kuukautta kestävät hankkeet, laskettiin standardikäyrä, käyrän mediaanivirhe, virheen keskihajonta, virheraja sekä korrelaatiokerroin. Tulosten vertailun helpottamiseksi kullekin lajitteluyhdistelmälle laskettiin hankemäärällä painotettu virherajan ja korrelaatiokertoimen keskiarvo. Painotetut keskiarvot laskettiin huomioiden erikseen hankeyhdistelmät, joissa on vähintään kolme hanketta tai vähintään kuusi hanketta ja molempien tarkastelujen tulokset on nähtävissä taulukoissa 9, 10 ja 11.

Taulukko 9. Talonrakentamisen pääryhmäyhdistelmien painotetut keskiarvot

Talonrakentaminen	vähintään 3 hanketta		vähintään 6 hanketta	
	Virheraja	Korrelaatiokerroin	Virheraja	Korrelaatiokerroin
Hankkeen kesto - maksuperuste	4,86 %	0,992563	4,89 %	0,992144
Hankkeen kesto - toteutusmuoto	4,77 %	0,992570	4,65 %	0,992779
Hankkeen kesto - kustannukset	5,02 %	0,991817	5,23 %	0,990979
Hankkeen kesto - liiketoimintaprosessi	4,25 %	0,994383	4,01 %	0,995288
Hankkeen kesto - rakennustyyppi	4,49 %	0,993958	4,27 %	0,994398
Kustannukset - maksuperuste	5,00 %	0,992356	5,12 %	0,992049
Kustannukset - toteutusmuoto	4,19 %	0,994276	4,18 %	0,993960
Kustannukset - liiketoiminta prosessi	4,73 %	0,993355	4,55 %	0,993313
Kustannukset - rakennustyyppi	3,78 %	0,995344		
Rakennustyyppi - maksuperuste	4,37 %	0,994445	3,86 %	0,995949
Rakennustyyppi - toteutusmuoto	3,80 %	0,996083	3,43 %	0,996805
Rakennustyyppi - liiketoimintaprosessi	3,89 %	0,995493	3,85 %	0,995923
Liiketoimintaprosessi - maksuperuste	4,88 %	0,992267	4,17 %	0,995141
Liiketoimintaprosessi - toteutusmuoto	4,85 %	0,992575	4,81 %	0,992590
Maksuperuste - toteutusmuoto	4,70 %	0,992624	4,70 %	0,992624

Taulukosta 9 nähdään rakennustyyppin olleen hyvä jaotteluperuste, kolmessa pienimmän virherajan tai suurimman korrelaatiokertoimen tuottamassa alaryhmässä rakennustyyppi oli toinen lajitteluperuste, kun tarkastellaan vähintään kolmen hankkeen ryhmiä. Vain vähintään kuusi hanketta sisältäneet hankejoukot huomioiden tulokset ovat hyvin samansuuntaisia, tosin hankkeen kustannusten ja rakennustyyppin mukaisessa jaottelussa kaikissa hankeryhmissä oli viisi hanketta tai vähemmän, jonka vuoksi se puuttuu taulukon oikeanpuoleisista sarakkeista.

Kustannusten ja rakennustyyppin jaotteluyhdistelmässä saatiin pienimmät virherajat, kun huomioidaan kaikki vähintään kolme hanketta sisältäneet hankejoukot. Vähintään kolmen hankkeen joukoista suurin korrelaatiokerroin saatiin jaottelemalla hankkeet rakennustyyppin ja toteutusmuodon perusteella, tosin varsinkin kärkijoukossa korrelaatiokertoimien erot olivat erittäin pieniä. Virherajojen erot olivat suurempia, tosin ero suurimman ja pienimmän välissä oli 1,24 prosenttiyksikköä. Vähintään kuuden hankkeen sarjassa pienimmät virherajat ja suurin korrelaatiokerroin löytyivät rakennustyyppin ja toteutusmuodon yhdistelmällä. Tällä tarkasteluperusteella virherajojen erot alaryhmi- en välillä olivat hieman suurempia (1,80 %-yksikköä), mutta pysyivät silti maltillisina.

Taulukko 10. Asuntorakentamisen pääryhmäyhdistelmien painotetut keskiarvot

Asuntorakentaminen	vähintään 3 hanketta		vähintään 6 hanketta	
	Virheraja	Korrelaatio-kerroin	Virheraja	Korrelaatio-kerroin
Hankkeen kesto - maksuperuste	6,11 %	0,98758	6,28 %	0,98691
Hankkeen kesto - toteutusmuoto	6,04 %	0,98825	5,37 %	0,99041
Hankkeen kesto - kustannukset	6,16 %	0,98775	7,12 %	0,98425
Hankkeen kesto - liiketoimintaprosessi	6,21 %	0,98791	5,49 %	0,99060
Hankkeen kesto - rakennustyyppi	5,92 %	0,98747	6,16 %	0,98657
Kustannukset - maksuperuste	6,08 %	0,98821	6,42 %	0,98748
Kustannukset - toteutusmuoto	5,72 %	0,98994		
Kustannukset - liiketoimintaprosessi	5,64 %	0,98988	8,17 %	0,98178
Kustannukset - rakennustyyppi	6,07 %	0,98848	8,08 %	0,98102
Rakennustyyppi - maksuperuste	5,82 %	0,98881	5,82 %	0,98881
Rakennustyyppi - toteutusmuoto	5,28 %	0,99081	5,36 %	0,98978
Rakennustyyppi - liiketoimintaprosessi	5,64 %	0,99016	6,33 %	0,98823
Liiketoimintaprosessi - maksuperuste	6,00 %	0,98848	6,23 %	0,98746
Liiketoimintaprosessi - toteutusmuoto	5,86 %	0,98831	6,01 %	0,98819
Maksuperuste - toteutusmuoto	6,19 %	0,98716	6,42 %	0,98620

Asuntorakentamisessa mikään lajittelutyyppi ei erityisesti erotu edukseen alaryhmiin jaottelussa. Vähintään kolmen hankkeen joukot huomioituna ja painotetulla keskiarvolla mitattuna kaksi pienintä virherajaa tulivat rakennustyyppin ja toteutusmuodon lajitteluyhdistelmästä, rakennustyyppin ja liiketoimintaprosessin sekä kustannusten ja liiketoimintaprosessin jaotteluyhdistelmien ollessa vain hieman perässä. Vähintään kolmen hankkeen ryhmiä tarkastellessa erot ryhmien välillä ovat suhteellisen pieniä, suurimman ja pienimmän painotetun virherajan ero on vain 0,93 prosenttiyksikköä. Erot tosin kasvavat 2,81 prosenttiyksikköön, jos huomioon otetaan vain vähintään kuuden hankkeen ryhmät.

Vähintään kuuden hankkeen ryhmät huomioiden tulokset poikkeavat muutoinkin vähintään kolmen hankkeen ryhmien tuloksista. Kustannusten ja toteutusmuodon yhdistelmissä kaikissa ryhmissä oli alle kuusi hanketta, minkä vuoksi kyseinen kohta on tyhjä taulukon oikeassa sarakkeessa. Tässä tarkastelussa myös korostui yksittäisten jaottelui-

den merkitys. Esimerkiksi pienimmän virherajan saaneessa hankkeen keston ja toteutusmuodon kategoriassa vain yksi ryhmä (omaperustainen, 12-18 kuukautta) ylitti kuuden hankkeen rajan, jolloin sen tulos on samalla koko pääryhmäyhdistelmän tulos. Myös huonoimmat virherajat tuottaneella kustannukset ja liiketoimintaprosessi kategoriassa vain yksi ryhmä määrittäi koko pääryhmäyhdistelmän tuloksen, 2-3 miljoonan urakointihankkeet.

Taulukko 11. Korjausrakentamisen pääryhmäyhdistelmien painotetut keskiarvot

Korjausrakentaminen	vähintään 3 hanketta		vähintään 6 hanketta	
	Virheraja	Korrelaatio-kerroin	Virheraja	Korrelaatio-kerroin
Hankkeen kesto - maksuperuste	6,01 %	0,989817	6,28 %	0,989117
Hankkeen kesto - toteutusmuoto	5,32 %	0,991971	5,45 %	0,991614
Hankkeen kesto - kustannukset	5,70 %	0,990199	5,81 %	0,989886
Hankkeen kesto - liiketoimintaprosessi	6,02 %	0,989385	6,25 %	0,988685
Hankkeen kesto - rakennustyyppi	5,27 %	0,991698	5,71 %	0,990309
Kustannukset - maksuperuste	5,52 %	0,991330	5,43 %	0,991650
Kustannukset - toteutusmuoto	5,89 %	0,991716	5,67 %	0,992340
Kustannukset - liiketoiminta prosessi	6,41 %	0,988544	6,34 %	0,988971
Kustannukset - rakennustyyppi	5,87 %	0,990520	5,98 %	0,990009
Rakennustyyppi - maksuperuste	5,67 %	0,990824	6,22 %	0,989266
Rakennustyyppi - toteutusmuoto	5,71 %	0,990780	6,57 %	0,988368
Rakennustyyppi - liiketoimintaprosessi	6,00 %	0,989993	5,93 %	0,990222
Liiketoimintaprosessi - maksuperuste	5,87 %	0,990504	6,06 %	0,990074
Liiketoimintaprosessi - toteutusmuoto	5,79 %	0,990723	5,75 %	0,990937
Maksuperuste - toteutusmuoto	6,05 %	0,989563	6,31 %	0,988832

Taulukossa 11 on nähtävissä korjausrakentamisen pääryhmien jaotteluyhdistelmien mukaan lasketut painotetut keskiarvot. Korjausrakentamisessa kärkisijat jakautuivat asuntorakentamisen tavoin tasaisemmin usean pääryhmän kesken. Vähintään kolmen hankkeen ryhmät huomioiden pienimmät virherajat saatiin hankkeen keston sekä rakennustyyppin mukaisella jaottelulla, tosin hyvin lähellä olivat myös hankkeen keston ja toteutusmuodon sekä kustannusten ja maksuperusteen perusteella tehty jaottelut. Kun huomioidaan vain vähintään kuusi hanketta sisältäneet joukot, kärki pysyy hyvin samankaltaisena, tosin keskinäinen järjestys vaihtuu. Uuden kärkisijan ottaa kustannusten ja maksuperusteen mukainen jaottelu ja toiseksi pienimmät virherajat saadaan hankkeen keston ja toteutusmuodon mukaisella jaottelulla, kustannusten ja toteutusmuodon noustessa vielä hankkeen keston ja rakennustyyppin ohi vertailtaessa virherajoja. Korrelaatiokertoimien perusteella tulokset ovat hyvin pitkälle samansuuntaiset ja erot pienet. Talonrakentamisen tavoin jaotteluperusteiden väliset erot ovat suurempia virherajoja tarkasteltaessa kuin korrelaatiokertoimen perusteella on nähtävissä, mutta suuret erot eivät silti ole. Vähintään kolmen hankkeen sarjassa ero suurimman ja pienimmän virherajan keskiarvon välillä on 1,15 prosenttiyksikköä ja vähintään kuuden hankkeen tarkastelussa saman verran.

4.1.2 Jaottelun vaikutus virherajoihin

Yleinen tarkastelu

Jaottelun vaikutusta virherajoihin tarkasteltiin vertailemalla pääryhmäkohtaisesti alaryhmien hankejoukkojen virherajoja. Kaikkien ryhmien pääryhmäkohtaisesti jaotellut tulokset on taulukoituna liitteestä 2. Pääsääntöisesti alaryhmiin jaottelu pienensi hankeryhmän virherajaa: kaikkia vähintään kolmen hankkeen ryhmiä tarkasteltaessa talonrakentamisessa 68,8 % hankeryhmistä pienensi virherajojaan, kun alaryhmien virherajaa verrataan vastaavan pääryhmän virherajaan. Korjausrakentamisessa vastaava tulos oli 73,6 % ja asuntorakentamisessa 69,8 %. Jos huomioon otetaan vai vähintään kuusi hanketta sisältävät ryhmät, tulos on saman suuntainen: talonrakentamisessa 73,6 %, korjausrakentamisessa 72,2 % ja asuntorakentamisessa 60,0 % alaryhmistä pienensi virherajaansa. Yleisintä alaryhmien virherajojen pieneneminen oli pääryhmissä, joiden virherajat olivat suurimmat, esimerkiksi korjausrakentamisen pääryhmistä toiseksi suurin virheraja on alle 3 miljoonan pääryhmässä ja samassa pääryhmässä vain yhdessä alaryhmässä (12-18kk) virheraja kasvoi, kun saman pääryhmän yksitoista muuta alaryhmää pienensi virherajojaan. Korjausrakentamisen suurin virheraja oli asuinrakennusten pääryhmässä ja siinä kaikkien alaryhmien virherajat olivat pääryhmätasoaan pienemmät. Talonrakentamisessa esimerkiksi hoitoalan rakennusten virheraja oli jo lähtötasoltaan alhainen (2,98 %-yksikköä) ja vain 14,29 % alaryhmistä onnistui pienentämään virherajaansa sen kivutessa suurimmillaan 4,11 prosenttiyksikköön hoitoalan rakennukset 6-12kk –alaryhmässä. Talonrakentamisen hoitoalan rakennuksia tutkimuksessa tosin oli kaiken kaikkiaan vain seitsemän kappaletta, joten alaryhmät jäivät hyvin pieniksi, mikä korostaa yksittäisen hankkeen ja yksittäisen kuukauden pisteen merkitystä virherajoihin. Poikkeuksiakin sääntöön tosin löytyy, esimerkiksi talonrakentamisen toimistorakennusten suhteellisen pienestä virherajasta (4,08 %-yksikköä) riippumatta 71,43 % alaryhmissä virheraja pieneni.

Myös alaryhmäjaotelluille hankeryhmille laskettiin pääryhmäkohtaiset hankkeiden lukumäärän mukaan painotetut keskiarvot. Talon-, asunto- ja korjausrakentamisen puolella yhteensä vain neljässä pääryhmässä alaryhmien virherajojen painotettu keskiarvo oli suurempi kuin pääryhmän alkuperäinen virheraja: talonrakentamisen urakointilla toteutetut hankkeet ja hoitoalan rakennukset sekä asuntorakentamisen urakkarakentaminen ja urakointi. Virherajan keskimääräisestä kasvusta huolimatta talonrakentamisen hoitoalan rakennusten alaryhmiin jaotellut virherajat pysyivät alhaisina verrattuna muihin ryhmiin ja painotettu keskiarvo oli talonrakentamisen pienin: 3,34 prosenttiyksikköä, mikä on 0,35 prosenttiyksikköä suurempi kuin pääryhmän virheraja. Urakointihankkeiden kohdalla alaryhmien virherajojen kasvu oli tuskin huomattavaa: alaryhmien keskimääräinen virheraja oli vain 0,08 prosenttiyksikköä suurempi kuin pääryhmän vir-

heraja. Asuntorakentamisen puolella urakkarakentamisen virherajan keskimääräinen kasvu oli 0,30 prosenttiyksikköä, kun urakointi kasvoi vain 0,01 prosenttiyksikköä.

Korjausrakentaminen

Korjausrakentamisen puolella pienin alaryhmäjaottelun virheraja oli kestoaltaan yli 18 kuukauden pääryhmässä, kun virherajoja tarkastellaan painotetun keskiarvon avulla. Yli 18 kuukauden hankkeilla oli pienin virheraja (3,70 %-yksikköä) myös pääryhmätasolla ja alaryhmiin jaotellussa virheraja pieneni entisestään keskimäärin 0,19 prosenttiyksikköä. Korjausrakentamisen suurimmat virherajat löytyivät asuinrakennukset -pääryhmästä myös alaryhmiin jaottelun jälkeen. Pääryhmätasolla virheraja oli kaikkien pääryhmien korkein (7,45 %-yksikköä) ja vaikka kaikissa alaryhmissä virherajat pienivät, säilyi keskimääräinen virheraja korkeana (6,36 %-yksikköä). Asuinrakennukset -pääryhmä myös hyötyi eniten jaottelusta, sillä sen virherajan pudotus oli suurin (1,08 %-yksikköä) verrattaessa pääryhmän ja alaryhmien painotetun keskiarvon virherajoja. Keskimäärin kaikissa korjausrakentamisen pääryhmissä virheraja laski alaryhmiin jaottelun ansiosta 0,48 prosenttiyksikköä.

Talonrakentaminen

Ehdottomasti suurin voittaja alaryhmiin jaotellussa oli talonrakentamisen alle 3 miljoonan –pääryhmä. Sen suhteellisen korkea virheraja (7,07 %-yksikköä) putosi peräti 2,87 prosenttiyksikköä alaryhmien virherajojen painotettuun keskiarvoon verrattuna. Talonrakentamisen pienin alaryhmäjaottelun virheraja painotetun keskiarvon avulla tarkasteltuna oli hoitoalan rakennuksilla, vaikka alaryhmiin jaottelu kasvatti sen virherajoja keskimäärin 0,35 prosenttiyksikköä 3,34 prosenttiyksikköön. Pääryhmätasolla pienimmän virherajan tuottaneita projektinjohtourakoita ei talonrakentamisessa jaoteltu lainkaan alaryhmiin, sillä pääryhmätasollakin tarkastelussa oli vain kolme hanketta. Pääryhmätasolla suurimman virherajan tuottaneen muut toteutusmuodot –ryhmä pienensi virherajaansa keskimäärin 1,20 prosenttiyksikköä, minkä johdosta 3-5 miljoonan hankkeiden virheraja nousi talonrakentamisen suurimmaksi, painotettu keskiarvo 6,27 prosenttiyksikköä. Keskimäärin alaryhmiin jaottelu pudotti talonrakentamisen virherajaa 0,58 prosenttiyksikköä.

Asuntorakentaminen

Asuntorakentamisen hankkeissa alaryhmiin jaottelun vaikutus virherajoihin oli pienempi kuin korjaus- tai talonrakentamisessa, virherajat pienivät keskimäärin 0,44 prosenttiyksikköä. Asuntorakentamisen alaryhmiin jaottelun jälkeisten, jaotteluperustekohtaisten virherajojen painotettujen keskiarvojen keskiarvo oli suurin, 5,80 prosenttiyksikköä, kun se korjausrakentamisessa oli 5,57 prosenttiyksikköä ja talonrakentamisessa 4,52 prosenttiyksikköä. Asuntorakentamisen pienin virheraja oli alle kahden miljoonan euron hankkeiden pääryhmässä, jonka virherajan painotettu keskiarvo oli 4,13 prosenttiyksikköä, mikä on 0,24 prosenttiyksikköä pienempi kuin pääryhmän virheraja ennen alaryh-

miin jaottelua. Suurin keskimääräinen virheraja alaryhmiin jaottelun jälkeen oli urakkarakentamisen pääryhmässä, mikä on 0,30 prosenttiyksikköä suurempi kuin virheraja ennen alaryhmiin jaottelua, erityisesti kustannuksiltaan 2-3 miljoonan ja kestoltaan 6-12 kuukauden hankkeiden alaryhmit nostivat urakkarakentamisen virherajaa. Pääryhmätasolla suurin virheraja oli 2-3 miljoonan hankkeissa (7,69 %-yksikköä), mutta lajittelun ansiosta virheraja putosi keskimäärin 0,58 prosenttiyksikköä.

4.1.3 Standardikäyrän virheen jakautuminen

Standardikäyrän virheitä jaoteltiin myös kustannusten mukaan 10 prosenttiyksikön kokoisiin lohkoihin. Lohkojaon avulla on mahdollista tarkastella, missä osassa standardikäyrää hajonta ja virherajat ovat suurimpia ja pienimpiä, eli missä osassa hankkeet eroavat toisistaan eniten ja missä osassa ne ovat lähimpänä toisiaan. Tulokset näkyvät kokonaisuudessaan taulukoituna liitteessä 2. Suurin merkitys virheiden jaottelulla on aikataulutarkastelulle, missä käyrälle jaetut mediaanivirheet muodostavat omat käyränsä standardikäyrän molemmille puolille kuvan 12 mukaisesti. Mediaanivirheet toimivat myös tarkastelumenetelmän liikennevalojen värin perusteena, luvussa 3 esitellyn periaatteen mukaan.

Kustannuskäyrälle jaoteltuja virheitä tarkastellessa voidaan havaita, että suurimmaksi osaksi virherajat nousevat ja laskevat tasaisesti, virherajan huipun osuessa jommallekummalle puolelle hankkeen kustannuksellista puoliväliä. Hankkeen sisäiset erot eivät ole kovinkaan suuria, mutta aluissa (0-10 %) ja loppuissa (90-100 %) virherajat ovat usein hyvin pienet verrattuna muihin käyrän osiin. Tämä johtuu kustannuskertymän laskentatavasta, joka aloittaa kustannusten laskemisen rakennusvaiheen alusta ja 100 % kustannuksista saavutetaan aina noin 130 %:n kohdalla. Virheiden suhteellisen pienen käyrän matkalla tapahtuvan vaihtelun ansiosta koko käyrältä laskettuun mediaanivirheen ja virheen keskihajonnan, eli virherajan voidaan olettaa kuvaavan suhteellisen hyvin koko käyrän virhettä ja siten verrata käyriä toisiinsa.

4.2 Kustannuskäyrän muoto

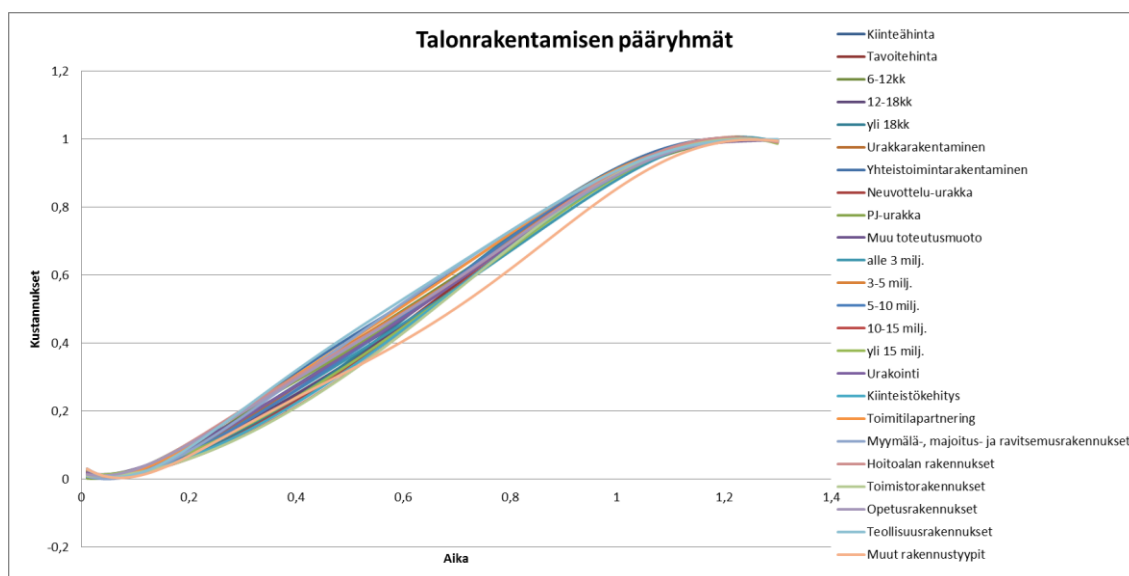
Tutkittujen hankkeiden standardikäyriä tarkasteltiin myös silmämääräisesti. Käyrät piirrettiin standardikäyrän polynomifunktion perusteella samaan kuvaajaan, jotta niiden muodon eroavaisuudet olisi mahdollista havaita. Tässä luvussa on esitelty huomattavimmat käyrien muotojen erot. Kaikki piirretyt kuvaajat on nähtävissä liitteessä 3.

Talonrakentaminen

Kaikki talonrakentamisen pääryhmien standardikäyrät näkyvät kuvassa 13. Suurin osa käyristä on tiukasti yhdessä ryhmässä ja vain muut toteutusmuodot –pääryhmä erottuu

kunnolla joukosta käyrän kulkiessa selkeästi pääjoukon alapuolella. Ryhmä myös hie-
man hajaantuu aika-akselin 30-60 % välillä, mutta pysyy muutoin hyvinkin tiiviinä.

Jos standardikäyriä tarkastellaan jaotteluperusteittain, eroja kuitenkin löytyy
enemmän. Suurimmat erot löytyvät eri rakennustyyppien välillä. Opetusrakennusten ja
hoitoalan rakennusten standardikäyrät ovat lähes identtiset ja verrattuna muihin käyriin
selkeästi suurempia, kummassakaan käyrässä ei ole havaittavaa käyristymistä hankkeen
alkuvaiheessa ja opetusrakennusten kohdalla myös hankkeen loppuvaiheessa käyrän
muoto on suurempi kuin muilla rakennustyypeillä. Toimistorakennusten kustannuskert-
tymä sen sijaan lähtee hitaammin liikkeelle, mutta kiihtyy myöhemmin, mikä luo käy-
rän alkuun voimakkaan kaarten. Muut rakennustyypit erottuvat tästäkin joukosta hank-
keen keskivaiheilla muita alhaisemmalla käyrällä, käyrän alkuvaiheilla kustannusten
kertyminen on nopeampaa kuin toimistorakennuksilla, käyrät risteävätkin vasta kuin
noin 45 % kokonaisajasta on kulunut, jonka jälkeen rakennustyypit säilyy alimpana
käyränä hankkeen loppuun. Myymälä-, majoitus- ja ravitsemusrakennusten standardi-
käyrä on erittäin lähellä teollisuusrakennusten käyrää, lukuun ottamatta teollisuusraken-
nusten tekemää pientä mutkaa aika-akselin 40-60 % kohdalla.



Kuva 13. *Talonrakentamisen pääryhmien standardikäyrät*

Liiketoimintaprosessien käyriä vertaillen kiinteistökehitys erottuu muita loivemmalla
aloituksella. Toimitilapartnering hankkeiden kustannuskertyminen on muihin liiketoi-
mintaprosesseihin verrattuna hieman nopeampaa, mutta ero urakointiin ei ole missään
vaiheessa suurta.

Kustannusluokkien standardikäyrät kulkevat hyvin pitkälle talonrakentamisen pe-
rusjoukon mukana, suurin ero käyrien välillä on rakentamisajan 20 % ja 60 % välillä.
Hitaimmin kustannukset lähtevät kertymään 10-15 miljoonan hankkeissa, kun nopeinta
kustannuskertyminen vaikuttaa olevan 3-5 miljoonan hankkeissa. Kun rakennusajasta
on kulunut noin 30 % alkavat 5-10 miljoonan eron hankkeiden kustannukset kertyä
muuta voimakkaammin, mutta kiihtyminen hidastuu nopeasti ja 50 %:n kohdalla käyrän
kulmakerroin on jo samaa luokkaa muiden käyrien kanssa. Rakennusvaiheen ajallisen

puolivälin jälkeen käyrien muodot eivät juuri muutukaan suhteessa toisiinsa vaan käyristä on muodostunut taas lähes yhtenäinen joukko.

Eri toteutusmuotojen standardikäyriä vertaillen huomiota herättävää on, että urakkarakentaminen ja muiden toteutusmuotojen käyrät kulkevat lähes identtisesti toisen vain silloin tällöin pilkistäessä toisen takaa. Muutoinkin toteutusmuotojen käyrät ovat suhteellisen lähellä toisiaan neuvottelu-urakoiden erottuessa hitaammalla kustannuskertymällä hankkeen ensimmäisellä 60 %:lla ja yhteistoimintarakentamisen kustannuskertymä on muita suurempaa aikavälillä 30-70 %, mikä nostaa käyrän hieman muiden yläpuolelle. Tasaisin käyrän muoto on projektinjohtourakoilla, joiden kustannukset alkavat kertyä nopeasti hankkeen alusta asti ja jatkuvat lähes samaa tahtia ajanhetkelle 90 % saakka, jonka jälkeen kustannusten kertyminen alkaa tasaisesti hidastua.

Rakennusvaiheen keston mukaisessa jaottelussa käyrien muodot vaihtelevat toisistaan jonkin verran, vaikka eivät missään vaiheessa karkaa kovin kauaksi toisistaan. Alussa voimakkain kustannuskertymä on lyhyimmillä 6-12 kuukauden hankkeilla ja vain hieman perässä kulkee 12-18 kuukauden ja yli 18 kuukauden standardikäyrät. Yli 18 kuukauden hankkeiden kustannuskertymät kuitenkin kasvavat selkeästi muita ryhmiä nopeammin ja ajanhetkellä 70 % se nousee ylimmäksi käyräksi.

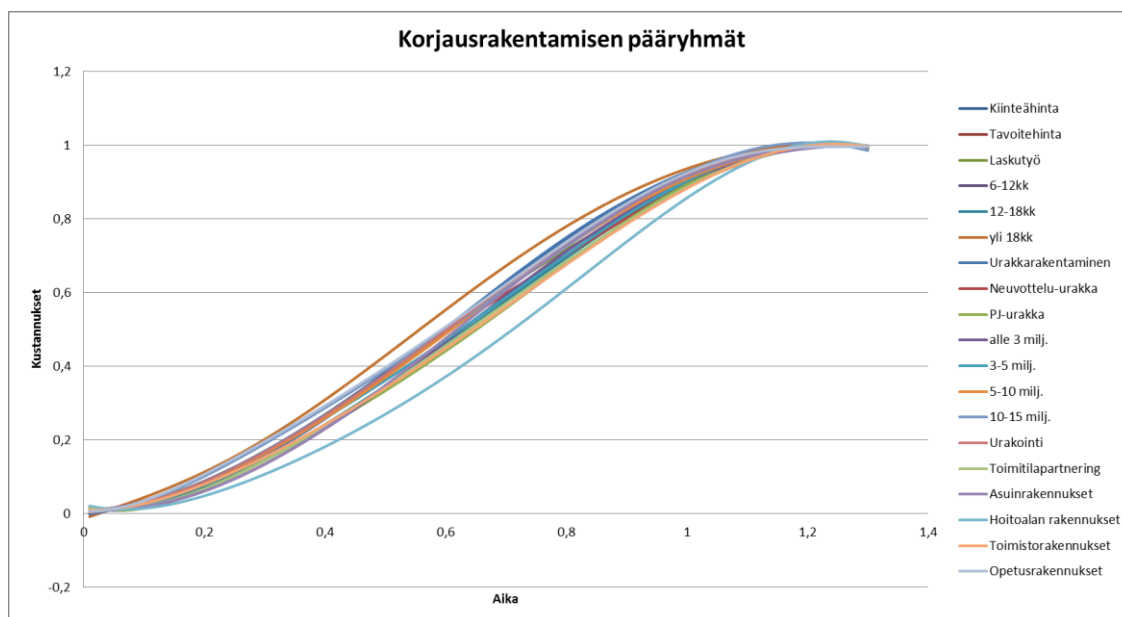
Maksuperusteiden pääryhmiä vertailtaessa käyrät ovat selkeästi lähimpänä toisiaan verrattuna muihin lajitteluperusteisiin. Ainoa selkeä ero käyrien välillä on tavoitehintaisten hankkeiden hieman hitaampi lähtö. Ero on kuitenkin suurimmillaankin vain muutamien prosenttiyksiköiden luokkaa ja 70 %:n jälkeen käyriä ei voi enää erottaa toisistaan.

Korjausrakentaminen

Talonrakentamisen tavoin myös korjausrakentamisen käyrät kulkevat hyvin yhtenäisessä joukossa vain kahden hankkeen erottuessa selkeästi muista, kuten kuvasta 14 on nähtävissä. Hoitoalan rakennusten käyrä kulkee erittäin paljon pääjoukon alapuolella, käyrän kulmakertoimen noustessa muiden kanssa samalle tasolle vasta kun rakennusajasta on kulunut 40 %. Tämän jälkeenkin hoitoalan rakennusten käyrä kulkee tasaisesti pääjoukon alapuolella lähes luovutushetkeen saakka. Toinen erottuva käyrä on yli 18 kuukauden hankkeet, jonka kustannukset kertyvät hieman muita nopeammin hankkeen alussa, mikä nostaa käyrän pääjoukon yläpuolelle, kun 50 % rakentamisajasta on käytetty. Käyrän ero pääjoukkoon ei kuitenkaan ole yhtä suuri kuin hoitoalan rakennuksilla. Myös opetusrakennusten ja 10-15 miljoonan euron hankkeiden kustannukset kertyvät alussa keskimääräistä nopeammin, mutta standardikäyrät palaavat osaksi perusjoukkoa hankkeen puoliväliin mennessä.

Rakennustyypeittäin tarkasteltuna pääryhmien standardikäyristä luonnollisesti erottuu korjausrakentamisen pääjoukostakin erottunut hoitoalan rakennusten käyrä. Silmiinpistävää on kuitenkin myös asuinrakennusten käyrän kurvikas muoto, mikä näkyy voimakkaana kaarteena hankkeen alussa ja lopussa. Opetusrakennusten ja toimistorakennusten standardikäyrät ovat muodoltaan lähempänä perinteistä, loivempaa S-

kirjainta, tosin opetusrakennuksilla on alussa nopeampi kustannuskertymistähti, mikä nostaa sen selkeästi toimistorakennusten käyrän yläpuolelle. Muutoin näiden kahden käyrän muodossa ei ole juuri eroa.



Kuva 14. Korjausrakentamisen pääryhmien standardikäyrät

Liiketoimintaprosessien vertailussa urakointi ja toimitilapartnering ovat selkeästi lähempänä toisiaan ja yhdenmuotoisempia kuin yhdetkään rakennustyyppin käyrät. Toki näissäkin käyriissä on eroa: toimitilapartnering-käyrällä kustannukset alkavat kertymään hitaammin ja käyrät saavuttavat toisensa vasta hankkeen luovutushetken jälkeen, noin 120 %:n kohdalla. Talonrakentamisen tavoin myös korjausrakentamisessa kustannusten standardikäyriä on suhteellisen vaikea erottaa toisistaan, sillä ne kulkevat hyvin samaa tahtia. Hitaammin kustannukset alkavat kuitenkin kertyä alle 3 miljoonan urakoissa ja lievästi nopein tahti on 10-15 miljoonan hankkeissa, mikä on hyvin päivänvastainen tilanne kun talonrakentamisen puolella. Käyrien välinen hajonta tapahtuu suurimmaksi osaksi hankkeen ensimmäisen 60 %:n aikana.

Toteutusmuotojen vertailussa muita hitaampi kustannuskertymä on projektinjohtourakoilla, jonka käyrä on alusta lähtien koko matkan muiden alapuolella. Urakkarakentaminen saa myös hitaamman lähdön, mutta kun rakennusajasta on käytetty 30 %, alkavat kustannukset kertyä huomattavasti nopeammin kulmakertoimen pysyen lähes vakiona sen jälkeen, kunnes hieman 80 %:n jälkeen kustannuskertymä alkaa hidastua hankkeen loppua kohti. Toteutusmuodoista tasaisin kustannuskertymä on neuvottelu-urakoilla, jonka käyrä käyristyy vain hieman hankkeen alussa ja myös lopun kustannuskertymän hidastuminen on verrattain maltillista.

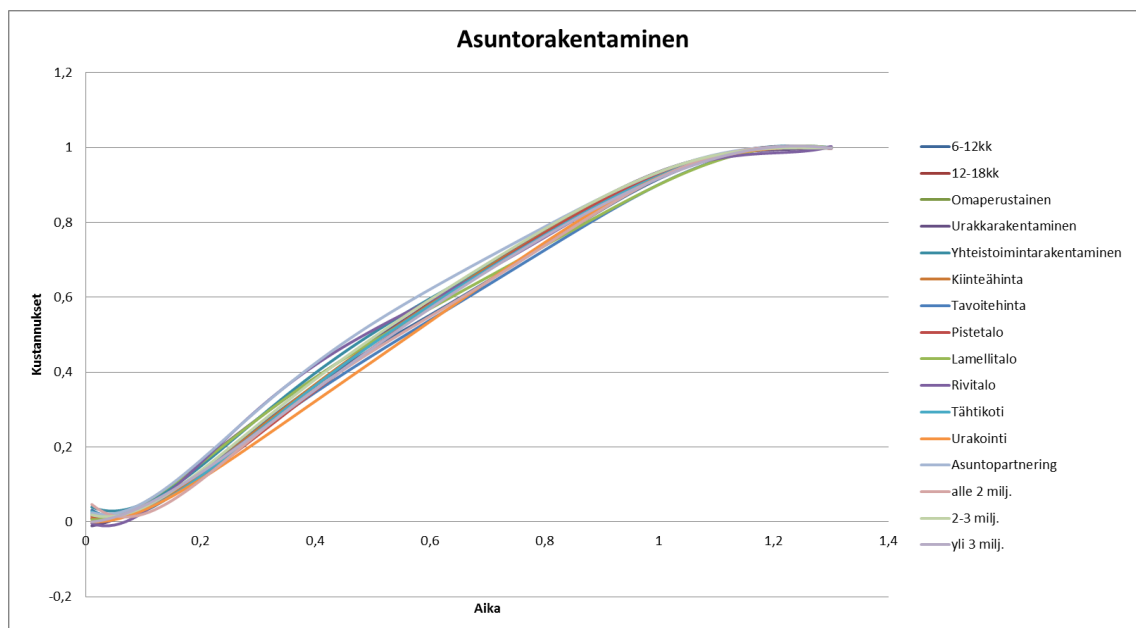
Kaikkien korjausrakentamisen hankkeiden joukosta erottui muita ylempänä 18 kuukauden standardikäyrä ja ero vain kasvaa vertailtaessa vain rakennusvaiheen keston pääryhmiä keskenään. 6-12 kuukauden ja 12-18 kuukauden standardikäyrät ovat erittäin lähellä toisiaan koko matkan ajan, mutta pitkien hankkeiden kustannukset lähtevät kas-

vamaan voimakkaasti heti alusta lähtien ja kustannuskertymä pysyy korkeana loppuun asti käyrien lähestyessä toisiaan vasta aivan hankkeen lopussa.

Talonrakentamisessa maksuperusteen mukainen jaottelu ei juuri erottanut käyriä toisistaan, mutta näin ei ole korjausrakentamisen puolella. Selkeästi hitain kustannuskertymä on tavoitehintaisten korjaushankkeilla, laskutyön ja kiinteähintaisten käyrien kulkiessa samaa rataa lähes ensimmäiset 60 % rakennusvaiheen kokonaiskestosta. Tämän jälkeen laskutyön kustannuskertymä hetkellisesti hieman hidastuu, kiinteähintaisten hankkeiden kulmakertoimen pysyessä suurin piirtein samana hankkeen loppupuolelle saakka. Hetkellinen kustannuskertymän hidastuminen laskee laskutyön standardikäyrän hieman kiinteähintaisten urakoiden alapuolelle, tavoitehintaisten hankkeiden tuntumaan. Käyrät kulkevatkin loppuhankkeen ajan suhteellisen lähellä toisiaan.

Asuntorakentaminen

Asuntorakentamisessa käyrien muoto poikkeaa jo suhteellisen paljon perinteisestä S-käyrästä. Käyrien muoto kertoo kustannusten kertyvät kohteiden alkuvaiheissa selkeästi talonrakentamista ja korjausrakentamista nopeammin. Hankkeiden alussa kustannuskertymän tahti kuitenkin myös vaihtelee asuntorakentamisessa pääryhmäkohtaisesti enemmän kuin korjaus- tai talonrakentamisessa. Kaikkien asuntorakentamisen pääryhmien standardikäyrät on esitetty kuvassa 15. Jaotteluperusteittain käyrät löytyvät liitteestä 4.



Kuva 15. Asuntorakentamisen pääryhmien standardikäyrät

Rakennustyyppin pääryhmiä tarkasteltaessa huomataan rivitalojen käyrän olevan selkeästi etupainotteisin, kustannusten lähtiessä kertymään vauhdilla, kun rakentamisajasta on käytetty noin 10 %. Pistetalojen kohdalla kustannukset kertyvät huomattavasti tasaisemmin koko hankkeen ajan. Lamellitalojen kustannuskertymä on alussa lähempänä rivitaloja, mutta hidastuu myöhemmin selkeästi. Myös liiketoimintaprosessien käyriä tarkastellessa käyrien välinen vaihtelu on suurinta hankkeen alussa, tosin erot pysyvät

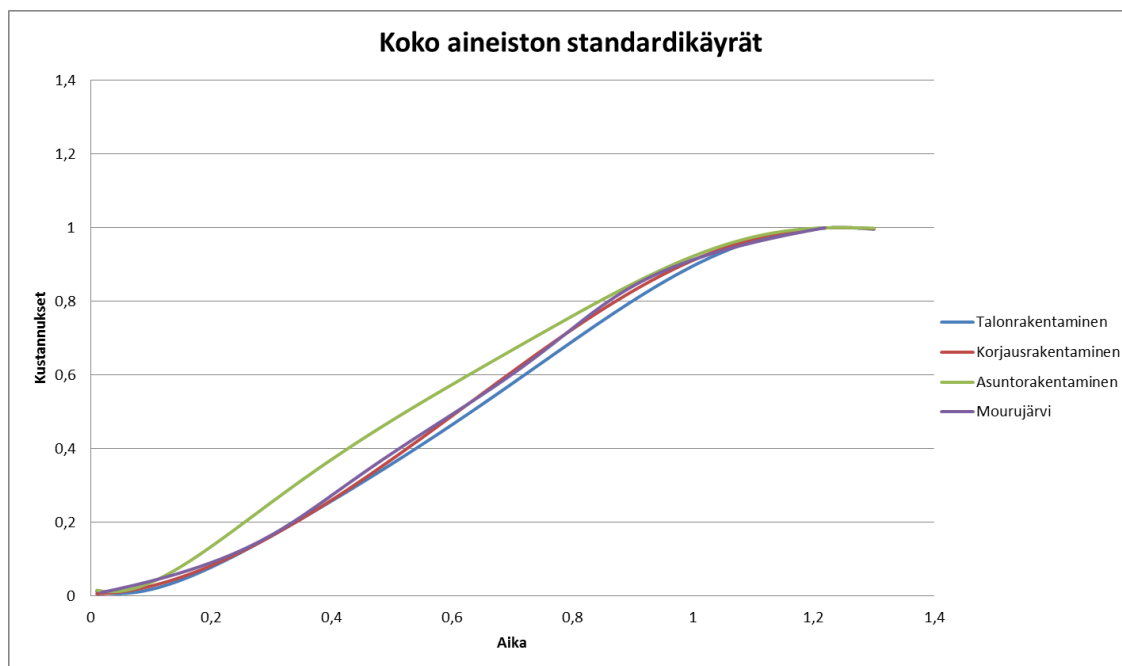
merkittävinä suurimman osan käyrien matkasta. Selkeästi hitaimmin lähtevät liikkeelle urakoinnin hankkeet, kun asuntopartnering hankkeissa kustannukset lähtevät heti kertymään tasaisella vauhdilla. Asuntopartnering hankkeiden käyrän mukainen kustannuskertymä onkin 30 %:n luokkaa, kun rakentamisajasta on käytetty 30 %. Vastaavassa vaiheessa urakoinnin hankkeissa kustannuksista on kertynyt vasta 21 %. Tähtikotihankkeiden kustannuskertymät ovat näiden kahden käyrän välistä.

Korjaus- ja talonrakentamisen tavoin myös asuntorakentamisessa kustannusten mukaisten pääryhmien standardikäyrät ovat hyvin lähellä toisiaan. Alle kahden miljoonan hankkeissa alun kustannuskertymä on hieman muita luokkia hitaampaa, mutta käyrä saavuttaa muut jo 30 %:n kohdalla. Missään vaiheessa erot eivät kasva kovin suuriksi. Vielä pienemmät erot ovat eri toteutusmuotojen välillä, tosin näistä omaperustainen rakentaminen eroaa hieman urakka- ja yhteistoimintarakentamisesta muita hitaammalla alulla.

Rakennusvaiheen keston perusteella lajitellut kustannuskäyrät kulkevat lähes päällekkäin ensimmäiset 50 % rakennusajasta, jonka jälkeen 6-18 kuukauden hankkeiden kertymä hieman hidastuu verrattuna 12-18 kuukauden hankkeisiin. Tutkimuksessa ei kuitenkaan ollut mukana lainkaan yli 18 kuukauden asuntorakentamisen hankkeita, joten ei ole tietoa, kuinka se eroaisi lyhyemmistä hankkeista. Korjaus- ja talonrakentamisen puolella juuri pitkät projektit erosivat kustannuskäyrän muodoltaan selkeästi muista. Asuntorakentamisen maksuperusteita vertailtaessa kiinteähintaisten ja tavoitehintaisten hankkeiden standardikäyrät kulkevat lähes päällekkäin kunnes rakentamisvaiheesta on käytetty noin 30 %, jonka jälkeen tavoitehintaisten urakoiden kustannuskertymätahti hidastuu verrattuna kiinteähintaisiin urakoihin ja kustannuskertymä pysyy kiinteähintaisia alemmalla tasolla hankkeen loppuun asti.

Yleisesti

Vaikka pääryhmät eroavatkin muodoltaan toisistaan jonkin verran ja samojen pääryhmien sisällä on eroja talon- ja korjausrakentamisen välillä, yleisilme on hämmästyttävän yhtenäinen näiden kahden ryhmän välillä. Näiden kahden ryhmän välisen eron havaitsemiseksi, sekä talon- että korjausrakentamisen kaikkien hankkeiden perusteella piirrettiin molemmista yksi standardikäyrä, jotka on esitetty kuvassa 16. Yleisilmeeltään käyrät ovat hyvin samankaltaisia ja lähellä toisiaan, tosin talonrakennushankkeiden käyrä kulkee hankkeen lopussa hieman korjausrakentamisen alapuolella. Samaan kuvaan on piirretty myös vuonna 2009 valmistuneessa Tero Mourujärven insinööritoimiston tuloksena muodostettu, kaikkia silloin tutkittuja hankkeita kuvaava, lajittelematon standardikäyrä. Mourujärven työn lähdeaineisto koostui täysin talon-, ja korjausrakentamisen kohteista, mikä selittää käyrän hyvin läheistä muotoa näiden käyrien kanssa.



Kuva 16. Korjaus-, asunto- ja talonrakentamisen standardikäyrät

Myös asuntorakentamisesta piirrettiin kaikkia hankkeita kuvaava yksi standardikäyrä. Tämä käyrä kuitenkin poikkeaa huomattavasti talon- ja korjausrakentamisen käyristä, mikä oli nähtävissä jo kuvia 13-15 vertailtaessa. Asuntorakentamisen standardikäyrän muoto on selkeästi talon- ja korjausrakentamisen standardikäyriä vaihtelevampi ja kustannuskertymä on myös selkeästi muita hankemuotoja nopeampaa projektin alussa. Esimerkiksi kun rakennusajasta on käytetty 30 %, asuntorakentamisessa kustannuksista on kertynyt 25 %, mutta talonrakennuksen hankkeissa kustannuksista on keskimäärin kasassa vain 17 %. Ero on nähtävissä pienevä vielä rakennuksen luovutushetkelläkin, jolloin talonrakentamisen hankkeissa kustannuksista on keskimäärin kertynyt 89,7 % ja korjausrakentamisen hankkeissa 91,2 %, kun asuntorakentamisen kohteissa kustannuksista on kassassa jo 92,5 %. Talonrakentamisen käyrä saavuttaa muut käyrät kuitenkin nopeasti ja ajanhetkellä 105 % ero on enää häviävän pieni. Kaikki pääryhmäkohtaiset kustannuskertymät luovutushetkellä on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12. *Standardikäyrien kustannuskertymä hankkeen luovutushetkellä*

Kustannuskertymä hankkeen luovutushetkellä	Korjaus- rakentaminen	Talon- rakentaminen	Asunto- rakentaminen
Kiinteähinta	92,7 %	89,7 %	93,0 %
Tavoitehinta	89,2 %	90,2 %	90,1 %
Laskutyö	88,9 %	-	-
6-12kk	90,3 %	89,2 %	91,7 %
12-18kk	89,6 %	89,2 %	92,9 %
yli 18kk	93,6 %	91,5 %	-
Oma-perustainen	-	-	92,7 %
Urakkarakentaminen	92,5 %	89,2 %	93,6 %
Yhteistoimintarakentaminen	-	91,5 %	92,2 %
Neuvottelu-urakka	89,3 %	89,0 %	-
PJ-urakka	89,4 %	90,6 %	-
Muu toteutusmuoto	-	90,6 %	-
alle 2 milj.	-	-	92,0 %
2-3 milj.	-	-	93,5 %
alle 3 milj.	90,3 %	88,0 %	91,8 %
3-5 milj.	90,3 %	90,2 %	-
5-10 milj.	90,9 %	91,0 %	-
10-15 milj.	92,4 %	89,9 %	-
yli 15 milj.	-	88,9 %	-
Tähtikoti	-	-	92,4 %
Urakointi	91,8 %	89,3 %	92,0 %
Kiinteistökehitys	-	89,3 %	-
Toimitilapartnering / Asuntopartnering	88,6 %	91,1 %	93,4 %
Asuinrakennukset	91,5 %	-	-
Pistetalo	-	-	92,9 %
Lamellitalo	-	-	90,1 %
Rivitalo	-	-	92,4 %
Myymäla-, majoitus- ja ravitsemusrakennukset	-	90,4 %	-
Hoitoalan rakennukset	85,7 %	90,4 %	-
Toimistorakennukset	88,3 %	89,7 %	-
Opetusrakennukset	92,5 %	89,4 %	-
Teollisuusrakennukset	-	90,8 %	-
Muut rakennustyyppit	-	85,4 %	-

Pääryhmäkohtaisesti tarkasteltunakin asuntorakentamisen kohteet näyttävät olevan valmiimpia luovutushetkellä kuin talon- tai korjausrakentamisen kohteet.

Taulukko 13. *Standardikäyrien kustannuskertymä ajanhetkellä 25 %*

Ajanhetkellä 25 %	Korjaus- rakentaminen	Talon- rakentaminen	Asunto- rakentaminen
Kiinteähinta	12,6 %	12,8 %	18,7 %
Tavoitehinta	10,5 %	11,0 %	18,5 %
Laskutyö	11,8 %	-	-
6-12kk	10,3 %	13,6 %	18,9 %
12-18kk	10,9 %	11,8 %	18,6 %
yli 18kk	15,4 %	10,2 %	-
Omaperustainen	-	-	18,3 %
Urakkarakentaminen	11,7 %	12,0 %	21,2 %
Yhteistoimintarakentaminen	-	14,5 %	21,2 %
Neuvottelu-urakka	14,7 %	9,6 %	-
PJ-urakka	10,3 %	15,0 %	-
Muu toteutusmuoto	-	13,7 %	-
alle 2 milj.	-	-	17,3 %
2-3 milj.	-	-	19,8 %
alle 3 milj.	9,4 %	11,9 %	18,4 %
3-5 milj.	12,1 %	15,1 %	-
5-10 milj.	12,2 %	11,8 %	-
10-15 milj.	14,4 %	9,0 %	-
yli 15 milj.	-	11,2 %	-
Tähtikoti	-	-	18,1 %
Urakointi	12,4 %	12,9 %	16,4 %
Kiinteistökehitys	-	9,6 %	-
Toimitilapartnering / Asuntopartnering	10,3 %	14,8 %	23,2 %
Asuinrakennukset	9,4 %	-	-
Pistetalo	-	-	17,3 %
Lamellitalo	-	-	21,6 %
Rivitalo	-	-	23,1 %
Myymäla-, majoitus- ja ravit- semusrakennukset	-	13,0 %	-
Hoitoalan rakennukset	7,5 %	15,4 %	-
Toimistorakennukset	11,4 %	8,9 %	-
Opetusrakennukset	15,0 %	14,8 %	-
Teollisuusrakennukset	-	14,6 %	-
Muut rakennustyyppit	-	10,9 %	-

Kustannuskertymien tarkkoja lukuja tarkasteltiin myös rakennusvaiheen ajanhetkellä 25 % ja tulokset näkyvät taulukossa 13. Huomiota herättävintä on lukujen suuri vaihtelu. Tässäkin taulukossa asuntorakentaminen erottuu selkeästi talon- ja korjausrakentamisesta, mutta vaihtelu on suurta kaikkien pääryhmien välillä. Yleistettynä asuntorakentamisen kohteet näyttävät kuitenkin lähtevän selkeästi muita hankkeita nopeammin liikkeel-

le. Nämä erot ovat osittain nähtävissä liitteen 4 kuvissa, mutta taulukoituna pääryhmäkohtaiset erot korostuvat. Esimerkiksi talonrakentamisen hankkeiden rakennusvaiheen keston kasvaessa kustannusten kertyminen on hankkeen alussa lyhyempiä hankkeita hitaampaa, mutta korjausrakentamisessa asetelma näyttäisi olevan päinvastoin. Samoin kaikissa tarkasteluryhmissä kiinteähintaisten urakoiden kustannuskertymät ovat 25 %:n kohdalla suurempia kuin tavoitehintaisten urakoiden, tosin asuntorakentamisessa ero on enää hiuksenhieno. Hankkeen alun kustannuskertymän nopeus ei kuitenkaan näytä korreloivan luovutusvaiheen kustannuskertymän suuruuteen suhteessa muihin pääryhmiin.

4.3 Aikataulutarkastelun menetelmä

Aikataulutarkastelun menetelmään valittiin korjaus- ja talonrakentamiseen jaotteluperusteeksi rakennustyyppi. Virherajojen pienentämiseksi korjausrakentamisessa asuinrakennukset jaettiin asuinkerrostaloihin ja muihin asuinrakennuksiin. Tätä jaottelua ei tehty aikaisemmassa tarkastelussa, jotta kaikki pääryhmät olisivat yhtenevästi NCC:n rakennustyyppipääryhmän mukaisia. Asuinrakennusten jakaminen kuitenkin pienentää virherajoja ja sen ansiosta rakennustyyppistä tulee myös korjausrakentamisen puolella merkittävä lajitteluperuste, kuten taulukosta 13 nähdään. Valitsemalla yhtenevä lajitteluperuste korjaus- ja talonrakentamiseen, on ne mahdollista sisällyttää samaan Excel-pohjaan, ilman että menetelmän käyttö monimutkaistuu liikaa. Tarkastelun helppokäyttöisyys ja yksinkertaisuus ovat olleet aikataulutarkasteluun luotavan menetelmän tärkeimpiä lähtökohtia.

Taulukko 14. *Korjausrakentamisen pääryhmien virherajat aikataulutarkastelussa*

Korjausrakentaminen	lkm	Mediaanivirhe	Keskiahajonta	Virheraja	Korrelaatiokerroin	Painotettu keskiarvo
Kiinteähinta	23	2,77 %	3,39 %	6,17 %	0,99002222	6,11 %
Tavoitehinta	26	2,39 %	3,82 %	6,21 %	0,98889433	0,98951987
Laskutyö	8	2,03 %	3,56 %	5,59 %	0,99010858	
6-12kk	30	2,31 %	3,93 %	6,23 %	0,98860811	5,87 %
12-18kk	21	2,22 %	3,76 %	5,98 %	0,98947208	0,98972316
yli 18kk	6	1,66 %	2,04 %	3,70 %	0,99617719	
Urakka-rakentaminen	22	2,51 %	3,37 %	5,88 %	0,99060739	6,10 %
Neuvottelu-urakka	10	2,48 %	3,27 %	5,75 %	0,99035044	0,98948483
PJ-urakka	24	2,51 %	3,93 %	6,44 %	0,98809514	
alle 3 milj.	21	2,69 %	4,15 %	6,84 %	0,98672185	
3-5 milj.	20	2,27 %	3,69 %	5,96 %	0,98950392	6,34 %
5-10 milj.	13	2,48 %	3,90 %	6,38 %	0,98798381	0,9882924
10-15 milj.	3	2,67 %	2,63 %	5,30 %	0,99254672	
Urakointi	42	2,62 %	3,80 %	6,42 %	0,98831523	6,46 %
Toimitilapartnering	14	2,57 %	4,03 %	6,60 %	0,98690526	0,98796274

Asuinkerrostalot	18	2,50 %	3,83 %	6,33 %	0,98889838	6,04 % 0,99004687
Muut asuinrakennukset	8	2,48 %	4,19 %	6,66 %	0,98752924	
Hoitoalan rakennukset	3	2,58 %	3,33 %	5,91 %	0,99107517	
Toimistorakennukset	14	2,32 %	3,40 %	5,72 %	0,99085468	
Opetusrakennukset	9	2,91 %	2,55 %	5,46 %	0,99298238	

Asuntorakentamisen puolella tarkastellut hankkeet painoutuivat suuresti pistekerrostaloihin, eikä mihinkään muuhun rakennustyyppiin kuulunut yli viittä hanketta. Tästä syystä menetelmässä päädyttiin käyttämään vain yhtä asuntorakentamisen käyrää, joka on muodostettu kaikkien tutkittujen 29 hankkeen perusteella. Tämä ei tuota ongelmaa menetelmän käytettävyyden kannalta, sillä käyttäjän valittua asuntorakentamisen tarkasteltavaksi yksiköksi, menetelmä poistaa rakennustyyppien valinnan valintaikkunasta ja huomauttaa käyttäjälle, että standardikäyrä ja mediaanivirhe on laskettu koko asuntorakentamisen hankejoukosta.

Aikataulutarkastelussa standardikäyrän lisäksi on nähtävissä käyrän mediaanivirhe kustannuksittain jaoteltuna 10 %:n välein molemmille puolille käyrää, kuvan 12 mukaisesti. Kustannuskertymän laskentatavasta johtuen virherajat kuitenkin pienenevät huomattavasti käyrien alku- ja loppupäätä lähestyttäessä, tästä syystä virherajat laskettiin tarkennettuna menetelmän käyrille jaksoilla 0-5 %, 5-10 %, 90-95 % ja 95-100 %. Aikataulutarkastelussa käytetyt mediaanivirheet on lueteltu taulukossa 15.

Taulukko 15. Aikataulutarkastelussa käytetyt mediaanivirheet

Aikataulutarkastelu												
	0-5 %	5-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-95 %	95-100 %
Talonrakentaminen												
Myymlä yms. rak.	0,64 %	4,07 %	2,65 %	4,86 %	3,51 %	5,70 %	6,76 %	5,22 %	4,05 %	3,41 %	1,74 %	0,15 %
Hoitoalan rak.	0,78 %	1,71 %	1,44 %	1,80 %	1,45 %	1,35 %	2,32 %	2,16 %	0,57 %	1,21 %	0,98 %	0,47 %
Toimistorak.	1,46 %	1,95 %	2,98 %	2,30 %	2,54 %	2,83 %	3,62 %	3,10 %	3,09 %	2,30 %	2,40 %	0,49 %
Opetusrak.	0,90 %	1,60 %	1,95 %	1,32 %	1,57 %	2,63 %	3,92 %	4,13 %	1,83 %	3,51 %	1,39 %	0,68 %
Kaikki	0,82 %	1,89 %	3,32 %	3,28 %	4,10 %	3,42 %	4,41 %	3,94 %	2,25 %	2,44 %	2,18 %	0,42 %
Korjausrakentaminen												
Asuinkerrostalot	0,72 %	2,26 %	4,53 %	5,56 %	6,35 %	5,72 %	6,80 %	4,84 %	5,51 %	3,82 %	3,11 %	0,60 %
Muut asuinrakennukset	0,64 %	1,99 %	3,57 %	5,38 %	7,24 %	5,00 %	7,92 %	5,27 %	5,28 %	4,39 %	3,33 %	0,47 %
Toimistorak.	0,92 %	1,57 %	1,74 %	2,45 %	3,63 %	3,91 %	6,30 %	3,83 %	3,34 %	3,24 %	3,14 %	0,65 %
Opetusrak.	0,86 %	3,62 %	4,82 %	4,86 %	4,04 %	3,89 %	3,04 %	5,41 %	2,27 %	3,23 %	2,80 %	0,67 %
Kaikki	0,97 %	2,68 %	3,33 %	4,84 %	5,44 %	5,95 %	6,25 %	6,56 %	4,66 %	3,47 %	2,69 %	0,59 %
Asuntorakentaminen												
Kaikki	1,00 %	3,53 %	5,18 %	3,59 %	6,85 %	5,61 %	4,55 %	4,87 %	4,86 %	3,56 %	2,08 %	0,41 %

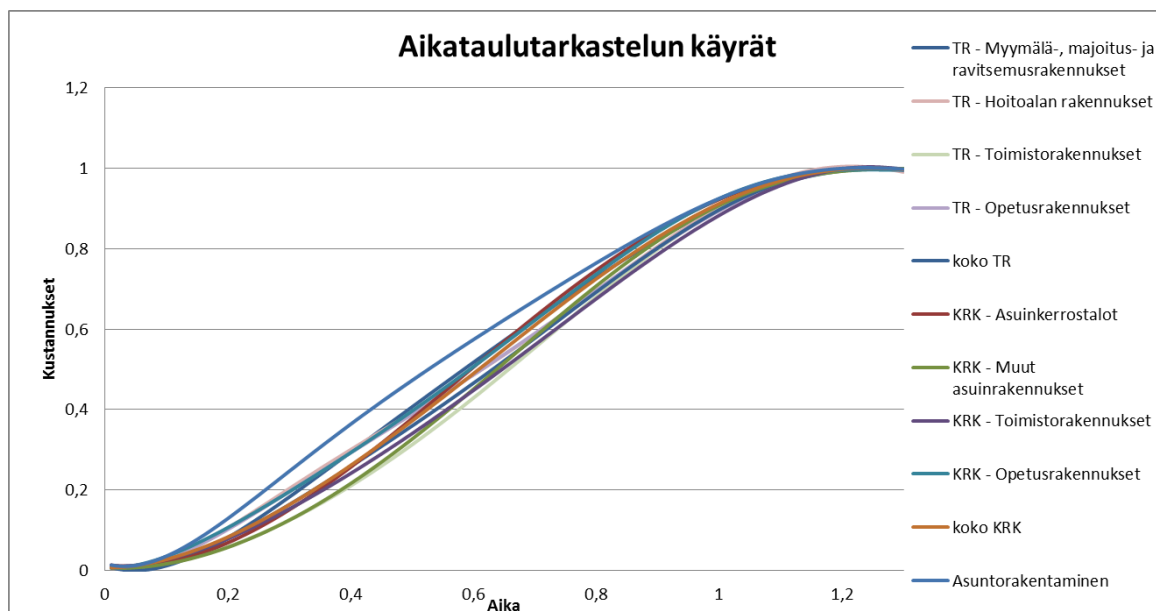
4.3.1 Aikataulutarkasteluun tehdyt muutokset

Tämän diplomityön tulosten pohjalta rakennushankkeen aikataulutarkastelun menetelmää tarkennettiin verrattuna Mourujärven vuonna 2009 luomaan menetelmään. Aikaisemman 37 hankkeen sijasta tässä työssä tarkasteltiin 131 toteutunutta rakennushanketta, joihin sisältyi 29 asuntorakentamisen kohdetta. Suuremman otoskoon ansioista kustannuskäyriä voitiin luoda useampia. Lopulliseen työhön valikoituikin yhteensä 11 eri-

laista kustannuskäyrää, joista uudistuotannon puolelta talonrakentamisen käyriä oli viisi, asuntorakentamisen käyriä yksi ja korjausrakentamisen käyriä viisi. Aikaisemmin kaikkia hankkeita on verrattu samaan käyrään riippumatta hankkeen luonteesta.

Tutkimustulosten pohjalta luotu, täysin uusi ominaisuus on mediaanivirherajojen näkyminen standardikäyrän molemmin puolin. Aikaisemmassa aikataulutarkastelussa käyrän taustalla näkyivät kaikki tarkastelussa mukana olleet kustannuspisteet. Pisteiden tulkinta jäi kuitenkin täysin käyttäjän vastuulle. Nyt luotujen mediaanikäyrien on tarkoitus auttaa aikataulutarkastelun tekijää tuloksen tulkinnessa. Tuloksen tulkinнан helpottamiseksi luotiin myös liikennevalot sekä tuloksen perusteella saatava lyhyt kuvaus työmaan tilanteesta. Jos tulos näyttää työmaan olevan aikataulustaan jäljessä mediaanivirhettä enemmän, muuttuu liikennevalo punaiseksi ja viereen tulee teksti: työmaa myöhässä tai kustannukset alittumassa. Keltainen liikennevalo syttyy, jos tulos on suurempi kuin mediaanivirheen puolikas, mutta pienempi kuin mediaanivirhe. Tällöin työmaa on vain hieman myöhässä tai alittamassa oman kustannustavoitteen. Vihreä valo palaa, jos työmaan tulos on alle puolen mediaanivirheen päässä standardikäyrästä. Jos työmaan aikataulu on kuitenkin edellä enemmän kuin mediaanivirheen puolikkaan verran, muuttuu liikennevalo taas keltaiseksi ja mediaanivirherajan ylittymisen jälkeen punaiseksi, sillä tulos voi kertoa aikataulun alittamisen lisäksi myös kustannusylityksestä.

Diplomityön tuloksena päivitetyn ja aikaisemmin luodun aikataulutarkastelun tulokset ovat samansuuntaisia, kuten kuvan 16 käyrien samanlaisuus osoittaa. Tulokset kuitenkin vaihtelevat enemmän, jos korjaus-, asunto- ja talonrakentamisen yksiköiden yleisten käyrien lisäksi huomioidaan myös rakennustyyppien perusteella määritetyt käyrät.



Kuva 17. Aikataulutarkastelussa käytetyt käyrät

Rakennustyypeittäin jaoteltunakin käyrät muistuttavat muodoltaan suuresti toisiaan. Kuvassa 17 on esitetty kaikki aikataulutarkastelussa käytetyt standardikäyrät, joista vain asuntorakentamisen standardikäyrä eroaa selkeästi muista. Myös muiden käyrien välillä

on kuitenkin merkittäviä eroja. Talon- ja korjausrakentamisen eri rakennustyyppien standardikäyrien välissä voikin olla jopa 10 prosenttiyksikön eroja käyrän tarkasteluhestä riippuen. Tällä erolla on jo suuri merkitys menetelmän antamaan tulokseen, sillä puolentoista vuoden hankkeessa 10 prosentin ero voi tarkoittaa jopa 39 työpäivää.

5. POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Tutkimuksen tarkastelu

Suuntaviivat tälle tutkimukselle löytyivät jo vuonna 2009 NCC Rakennus Oy:lle tehdystä Tero Mourujärven insinööritoimistosta sekä muista alan tutkimuksista. Luvussa 2.3.3 kuvatuista tutkimuksista onkin löydettävissä paljon elementtejä, joita hyödynnettiin tässä työssä. Rakennushankkeiden on monessa tutkimuksessa havaittu olevan monimuotoisia ja kustannuskertymältään vaihtelevia. Kun tutkimuksen lähtökohdaksi valitaan idiografinen näkökulma, eli tavoitteena on kustannuskertymää kuvaavan likiarvon, eikä tarkan mallin luominen, sallii se hankkeiden yksilöllisen vaihtelun. Tutkijat Kaka ja Price havaitsivat jo vuonna 1993 tekemässään tutkimuksessa projektin keston ja liiketoimintaprosessin vaikuttavan hankkeen kustannuskäyrän muotoon. Tässä tutkimuksessa tarkastelua vietiin vielä pidemmälle lisäämällä jaotteluperusteita.

Diplomityössä tutkittavat hankkeet jaoteltiin yhteensä kuutta jaotteluperustetta käyttäen: rakennusvaiheen kesto, kustannukset, maksuperuste, toteutusmuoto, rakennustyyppi ja liiketoimintaprosessi. Jokainen näistä pääryhmistä jaettiin vielä alaryhmiin samojen lajitteluperusteiden mukaisesti. Jokaiselle yli kolme hanketta sisältäneelle pää- ja alaryhmälle määritettiin Microsoft Excel –ohjelmaa käyttäen oma standardikäyrä, korrelaatiokerroin ja käyrän virheraja mediaanivirhettä ja virheen keskihajontaa käyttäen. Virherajat laskettiin kaikissa pääryhmissä myös kustannusakselin suhteen 10 prosenttiyksikön välein, jotta virherajan vaihtelu käyrän matkalla voitaisiin ottaa huomioon. Näitä käyriä ja virheitä tarkastelemalla eri jaotteluperusteita verrattiin keskenään ja havaittiin hankkeen rakennustyyppin olevan hyvin määräävä projektin kustannuskäyrän kannalta, erityisesti talon- ja asuntorakentamisessa. Myös korjausrakentamisessa se oli yksi määräävimmistä lajitteluperusteista. Rakennustyyppi valittiinkin NCC:lle kehitettävän työmaan aikataulutarkastelun lajitteluperusteeksi. Ainoastaan asuntorakentamisen hankkeet jätettiin tarkemmin lajittelematta eri rakennustyyppeihin, sillä lähdeaineisto koostui suurimmaksi osaksi vain pistekerrostaloista ja luotu standardikäyrä kuvaakin suurimmaksi osaksi niiden kustannusten kehittymistä. Myös muita asuntorakentamisen rakennustyypppejä oli mukana tutkimuksessa, mutta niiden lukumäärä oli liian pieni oman käyrän muodostamiseen.

Tässä tutkimuksessa tavoitteena oli löytää yhdistäviä tekijöitä rakennushankkeiden kustannuskäyrien muodossa ja luoda havaintojen perusteella rakennustyömaan aikataulutarkasteluun nopeakäyttöinen menetelmä, joka ei vaadi suurempaa hankkeeseen tutustumista ja joka toimii varoitusmekanismina projektin myöhästymiselle. Näihin tavoitteisiin tutkimus vastasi hyvin. Talon-, korjaus- ja asuntorakentamisen kohteille löy-

dettiin, sekä kullekin ominaisia että kaikkia yksiköitä yhdistäviä piirteitä, jotka vaikuttavat kustannuskäyrän muotoon. Taustateorian ja aiheesta aikaisemmin tehtyjen tutkimusten perusteella valittua tutkimusmenetelmää voidaan pitää erittäin luotettavana, mutta useiden lähtötiedoista sekä menetelmän luonnista johtuvien epävarmuuksien sekä yksinkertaistusten vuoksi luotua aikataulutarkastelumenetelmää voidaan pitää vain melko luotettavana. Virhelähteistä on kerrottu tarkemmin kappaleessa 5.1.1. Suuri osa näistä virhelähteistä huomioitiin kuitenkin jo tutkimustavoitteita asetettaessa ja luotu tarkastelumenetelmä toimii lähinnä indikaattorin tavoin varoitusmekanismina ja osoittaa menetelmän käyttäjälle, onko työmaan talous- tai aikataulutilanteeseen syytä tutustua tarkemmin.

5.1.1 Virhelähteitä

Kustannuskäyrien ja niiden yhdistelyn virhelähteitä

Tutkimukseen pientä virhettä aiheuttavat monet asiat ja pelkästään kustannuskäyrien muodostamisesta aiheutuu pientä epätarkkuutta käyrän muotoihin. Koska kustannuskäyrän muodostamisessa ei ole huomioitu lomapäiviä, myös yleisten lomajaksojen, kuten joululoman ja heinäkuun kesälomien vaikutus kustannuskertymään jää huomiotta, vaikka ne varmasti vaikuttavat kustannuskertymän nopeuteen ja siten käyrän muotoon varsinkin lyhytkestoisissa hankkeissa. Samoin säävaihtelut voivat aiheuttaa kustannuskäyrän muotoon vaihtelua, joka ei ole selitettävissä hankkeen ominaisuuksilla. Tämä kaikki kuitenkin sisältyy käyrän virherajaan ja mediaanivirheeseen, joka huomioidaan aikataulutarkastelussa.

Osa tarkastelluista hankkeista yhdisti uudisrakentamista ja saneerausta, jolloin hanke lajiteltiin uudis- tai korjausrakentamisen hankkeen toteuttaneen yksikön mukaan. Tämäkin tuo oman epävarmuutensa ja vaihtelunsa tuloksiin. Rakennushankkeiden välillä myös laskutusväli voi vaihdella ja koska kustannuskäyrä määritetään kertyneiden kirjattujen kustannusten perusteella, voi laskutusväli vaikuttaa suurestikin käyrän muotoon. Yleisesti laskutukseen on kuitenkin suhteellisen vakioitu käytäntö, jonka kohdekohtainen vaihtelu on vähäistä. Eri yritysten välillä laskutus ja laskujen kirjaustavat saattavat kuitenkin vaihdella suuresti, minkä vuoksi tämän työn tuloksia voidaan hyödyntää vain NCC Rakennus Oy:n kohteissa.

Tutkimusmenetelmän aiheuttamia virhelähteitä

Lähtötietojen virhelähteiden lisäksi myös käytetyt tutkimusmenetelmät aiheuttavat omat epävarmuutensa tuloksiin. Jotta kustannuskäyrät olisivat keskenään vertailtavissa ja yhdistettävissä samaan kuvaajaan, tuli kustannukset ja rakennusaika muuntaa prosentteiksi. Kustannusten maksimiksi määritettiin 100 %, joka saavutetaan ajanhetkellä 130 %. Käytännössä tämä ei kuitenkaan aina onnistunut, vaan 100 %:n kustannukset määritettiin sen kuukauden kohdalle, jonka lopussa rakennusaika oli lähimpänä 130 prosenttia. Tämä ero näkyi lähinnä vain lyhyissä hankkeissa, sekä hankkeissa joissa kustan-

nukset kertyvät vielä loppuvaiheessa huomattavasti. Suurimmassa osassa hankkeita kustannusten kertyminen loppui käytännössä jo hieman tätä aikaisemmin, jolloin 100 %:n tarkan kohdan määrityksellä ei ollut merkitystä käyrän muotoon.

Kustannuskäyrien pisteiden perusteella muodostettu standardikäyrä ei sekään ole virheetön, vaan ainoastaan hyvä yksinkertaistus ja malli käyrien keskimääräisestä käyttäytymisestä, eikä siten voi koskaan olla tarkempi kuin lähtötietonsa. Tämä korostui, jos standardikäyrä muodostettiin vain muutamasta hankkeesta, jolloin yksittäisen hankkeen yksittäisillä pisteillä oli mahdollisuus vaikuttaa kustannuskäyrän muotoon ja virherajojen suuruuteen. Tätä virhettä pyrittiin pienentämään tarkastelemalla vähintään kolmen hankkeen käyrien rinnalla myös vain vähintään kuusi hanketta sisältäviä hankejoukkoja sekä poistamalla selkeät häiriöprojektit aineistosta. Standardikäyrän tekemän yksinkertaistuksen aiheuttamaa virhettä tuloksiin pyrittiin pienentämään käyttämällä suurinta mahdollista polynomifunktiota, eli kuudennen asteen yhtälöä, jonka Microsoft Excelin trendiviiva –toiminto mahdollistaa ja ottamalla funktiossa huomioon luvut kuudenteen desimaaliin saakka. Kuuden desimaalin ajateltiin luovan tarpeeksi tarkan kuvan yhtälöstä jatkolaskentaa ja käyrien piirtämistä varten.

Tämän lisäksi myös hankejoukkojen vaihteleva koko tuo osaltaan oman epävarmuutensa tuloksiin. Tämän virhelähteen vaikutusta pyrittiin pienentämään laskemalla virheistä hankemäärällä painotetut keskiarvot. Asuntorakentamisen yhteydessä tutkitut hankkeet painottuivat kuitenkin niin voimakkaasti pistekerrostaloihin, ettei muista rakennustyypeistä ollut mahdollista luoda omaa standardikäyrää. Luodun käyrän voidaankin tulkita kuvaavan tarkemmin ainoastaan pistekerrostaloja ja muita asuntorakentamisen rakennustyyppisiä vain suuntaa-antavasti.

5.2 Tulosten tarkastelu

Vaikka työssä on paljon virhelähteitä, on useimmat niistä pyritty ottamaan huomioon erilaisin laskennallisoin keinoin ja niiden vaikutusta on myös pyritty minimoimaan luvussa 5.1.1 Virhelähteitä kuvatulla tavoilla. Tulosten luotettavuutta on pyritty myös lisäämään tarkastelemalla kustannuskäyriä useammalla mittarilla: korrelaatioker-toimella sekä mediaanivirheestä ja virheen keskihajonnasta koostuvalla virherajalla. Virherajaa on myös tarkasteltu erikseen vähintään kolme ja kuusi hanketta sisältäville joukoille, jotta tutkittavien hankkeiden määrä ei pääsisi vaikuttamaan liikaa tutkimustuloksiin. Tämän lisäksi luotujen standardikäyrien muotoja tarkasteltiin silmämääräisesti kaaviokuvien perusteella ja käyriä myös verrattiin toisiinsa.

Eri menetelmillä saadut tulokset osoittautuivat toisiaan tukeviksi, joten diplomityön tuloksia ja tuloksiin perustuvaa aikataulutarkastelumenetelmää voidaan pitää luotettavina. Tuloksia tarkastellessa on tosin tunnistettava rakennushankkeen monimuotoisuus, sillä yhtä, kaiken selittävää ominaisuutta ei ollut löydettävissä. Kaikki tutkimuksessa käytetyt lajitteluperusteet pystyivät ainakin hieman selittämään käyrän muotoa ja pienentämään alaryhmiin jaottelussa hankejoukon virherajaa. Kaikki lajitteluperusteet eivät kuitenkaan olleet tasa-arvoisia keskenään, vaan osa nousi selkeästi muiden yläpuo-

lelle. Ainoa kaikissa kolmessa tarkastelujoukossa, asunto-, talon ja korjausrakentamisessa, kärkipäähän päässyt lajitteluperuste oli rakennustyyppi. Muiden lajitteluperusteiden kohdalla merkittävyyden vaihtelu oli suurempaa.

5.2.1 Virherajat

Tarkasteltavan ryhmän virheraja kuvaa, kuinka lähellä tarkasteltavan joukon kustannuskäyrät ovat toisiaan. Tutkimuksen pääryhmien virherajojen suuruuksissa on keskenään suuria eroja, mutta tarkasteltaessa virheiden painotettuja keskiarvoja lajitteluperusteittain, erot pienenivät suurimmalta osin prosenttiyksikön kymmenyksiin. Suurin ero jäikin tarkastelun kohteina olleiden talon-, asunto- ja korjausrakentamisen välille. Näistä selkeästi pienimmät keskimääräiset virherajat tuotti talonrakentaminen, korjaus- ja asuntorakentamisen virheiden ollessa noin prosenttiyksikön korkeampia. Lajitteluperusteista rakennustyyppi erottui edukseen talon- ja asuntorakentamisessa, korjausrakentamisessakin se nousi parhaiden lajitteluperusteiden joukkoon, kun asuinrakennukset jaoteltiin tarkemmin asuinkerrostaloihin ja muihin asuinrakennuksiin. Huomiolle pantavaa onkin, että asuntorakentaminen omana tarkasteluperusteenaan ei tuottanut muita pienempiä virherajoja, vaikka periaatteessa se on lähtötasoltaan jo jaoteltu talon- ja korjausrakentamisen rakennustyyppipääryhmän tasolle. Tämä osoittaa asuntorakentamisen olevan monimuotoisempaa ja vaihtelevampaa, kuin muut rakennustyyppien pääryhmät. Tämä näkyi myös korjausrakentamisen puolella, missä asuntorakentaminen tuotti selkeästi korkeimmat virherajat, ennen tulosten jaottelua asuinkerrostaloihin ja muihin asuinrakennuksiin. Korjausrakentamista laajemmin tarkastellessa, voidaan huomata sen olevan kustannuskertymältään monimuotoisempaa ja vaihtelevampaa kuin talonrakentaminen.

Yllättävä eroavaisuus talon-, asunto- ja korjausrakentamisen kohteiden välillä oli korjausrakennushankkeen rakennusvaiheen keston suuri vaikutus virherajaan. Sen virheraja oli korjausrakentamisen pääryhmistä pienin. Asunto- ja talonrakentamisessa rakennusvaiheen kesto tuotti yhden suurimmista virherajoista. Sen sijaan asunto- ja talonrakentamisessa liiketoimintaprosessilla oli selkeästi pienentävä vaikutus virherajaan, mutta korjausrakentamisen puolella liiketoimintaprosessin virheraja oli toiseksi suurin.

5.2.2 Alaryhmiin jaotellut virherajat

Pääryhmien jaottelu alaryhmiin pienensi virherajoja noin 70 %:ssa alaryhmistä verrattuna pääryhmään. Tulos on samaa suuruusluokkaa riippumatta tarkastellaanko korjaus-, asunto- vai talonrakentamista. Tämä osoittaa, että tarpeeksi tarkoilla jaotteluperusteilla on mahdollista löytää suhteellisen luotettavia standardikäyriä. Tämä kuitenkin vaatii suurta otosta tutkittavista rakennushankkeista, sillä alaryhmiin jaotellessa esteeksi helposti muodostuu epätavallisempiin hankemuotoihin kuuluvien projektien vähyys. Esimerkiksi laskutyö on suhteellisen harvinainen rakennushankkeen maksuperuste ja stan-

dardikäyrän muodostamista varten tarpeeksi monen laskutyöhankkeen löytäminen jokaiselle rakennustyyppille voi osoittautua haastavaksi.

Jos lajitteluperuste tuotti alhaiset virherajat pääryhmätasolla, on oletettavaa että saman lajitteluperusteen alaryhmissä virherajat ovat myös pienet. Alaryhmiin jaottelun suurimpia hyötyjiä olivat kuitenkin pääryhmätasolla suurimmat virherajat tuottaneet hankejoukot. Tämä vahvistaa käsitystä siitä, että lajitteluperusteiden välillä on merkittäviä eroja, eikä kaikilla ole keskenään yhtä suurta vaikutusta kustannuskäyrän muotoon. Täysin yllättäviä virherajojen muutoksia pääryhmä- ja alaryhmätasojen välissä ei ollutkaan havaittavissa. Talonrakentamisen puolella rakennustyyppi oli pääryhmätasolla selkeästi merkittävin lajitteluperuste ja myös alaryhmätasolla sen vaikutus näkyi voimakkaana. Korjaus- ja asuntorakentamisen puolella pääryhmien väliset erot olivat pienemmät, mikä näkyi myös alaryhmätasolla tasaisempina tuloksina.

5.2.3 Standardikäyrän virheen jakaminen käyrän matkalle

Standardikäyrän virherajat laskettiin erikseen kustannusten mukaan jaoteltuna 10 prosenttiyksikön välein jokaiselle pääryhmälle. Tämä jaottelu osoitti virheiden jakautuvan suhteellisen tasaisesti hankkeen matkalle, niin että usein virherajoista oli löydettävissä selkeitä jaksoja, joissa virheraja oli hieman korkeampi tai matalampi, mutta erot eivät olleet muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta kovinkaan suuria. Vain erittäin harvoin virherajat vaihtelivat mielivaltaisesti. Usein korkean virherajapiikin edellä virherajat lähtivät tasaisesti kasvamaan ja piikin jälkeen ne taas hiljalleen laskivat kohti normaali-tasoa. Virherajojen vaihtelu kertoo kustannuskertymän vaihtelun olevan tietyille hanke-tyypeille ominaisempaa tietyssä hankkeen vaiheessa. Esimerkiksi talon- ja korjausrakentamisen käyrillä hajonta oli molemmilla suurinta 50-70 %:n välillä, kun se asuntorakentamisen kohdalla osui 30-50 %:n kohdalle. Suurilla hankejoukoilla ilmiö korostuu, sillä useiden hankkeiden kustannuskäyrien samanaikaista lähenemistä tai loittonemista ei voida selittää pelkällä sattumalla. Pienillä hankejoukoilla tämä toki on mahdollista.

Tärkeintä virherajan jaottelu oli kuitenkin aikataulutarkastelun kannalta, sillä se helpottaa käyrän antaman tuloksen tulkintaa suhteessa lähtöaineistoon. Jaottelu myös osoittaa, että koko käyrän matkalta lasketut virherajat ovat suhteellisen luotettava tapa vertailla eri standardikäyriä keskenään. Jos virherajat olisivat erittäin voimakkaasti vaihdelleet käyrän matkalla, olisi paikallinen, suuri virherajan kasvu voinut muuttaa koko käyrän virherajaa ja siten käyrien vertailun tuloksia. Osittain tästä syystä käyriltä laskettiin mediaanivirhe keskiarvon sijaan.

5.2.4 Käyrien muoto

Kustannuskäyrien muodon vertailu osoitti talon- ja korjausrakentamisen olevan hämmästyttävän lähellä toisiaan ja asuntorakentamisen eroavan näistä kahdesta ryhmästä selkeästi. Asuntorakentamisen kohteissa kustannukset alkavat kertyä nopeammin ja luovutushetkellä kustannuksista on myös enemmän kasassa kuin muissa kohteissa.

Asuntorakentamisen kohteet ovat siis luovutushetkellä keskimäärin valmiimpia kuin korjaus- tai talonrakentamisen hankkeet. Korjaus- ja talonrakentamisen väliltäkin on löydettävissä ero korjausrakentamisen hyväksi.

Kaikissa liitteen 4 kuvissa on lähtötietoina samat rakennushankkeet, jotka ovat vain lajiteltuina eri perusteiden mukaan. Jos kuvaajan kaikki käyrät ovat lähellä toisiaan, voi se tarkoittaa, ettei lajitteluperuste pysty selittämään käyrien välistä eroa vaan piirtää jonkinasteisen keskiarvon. Jos käyrien välillä taas on havaittavissa huomattavia eroja, voidaan lajitteluperustetta pitää ainakin jollain tasolla kustannuskäyrän muotoa selittävänä tekijänä. Liitteen 4 kustannuskäyriä vertailemalla nähdään rakennustyyppien käyrien eroavan selkeästi toisistaan. Kun tämä yhdistetään tietoon rakennustyyppien suhteellisen pienestä virherajasta, voidaan rakennustyyppiä suhteellisen luotettavasti pitää tärkeimpänä lajitteluperusteena varsinkin talonrakentamisen hankkeissa. Asunto- ja korjausrakentamisessa rakennustyyppin vaikutus ei ole yhtä dominoiva, vaan asuntorakentamisen käyrän muotoon vaikuttaa voimakkaasti myös liiketoimintaprosessi ja korjausrakentamisen kustannuskertymään vaikuttavat rakennustyyppin lisäksi myös rakennusvaiheen kesto, toteutusmuoto ja maksuperuste.

5.3 Menetelmän käytettävyys

Tuloksia tarkkaillessa on hyvä muistaa, ettei tutkimuksen lähtökohta ollut pyrkiä tarkkoihin, absoluuttisiin tuloksiin, vaan tutkia eri hankkeiden ominaisuuksien vaikutusta projektin kustannuskäyrään. Rakennushankkeet ovat aina olleet yksilöllisiä projekteja, minkä vuoksi tässä tutkimuksessa saatuja tuloksia ja varsinkin aikataulutarkastelun tuottamia lukuja tulee aina tarkastella vain suuntaa-antavina. Jos menetelmän antama tulos poikkeaa suuresti työmaan omasta arviosta, tulee projektin johdon miettiä, mistä tämä johtuu ja onko asiaan puututtava.

Vaikka tulokset perustuvat vuosien 2009-2014 aikana toteutettuihin hankkeisiin, voidaan menetelmän olettaa olevan käytettävissä pitkälle tulevaisuuteen. Kuvaan 16 on merkitty ennen vuotta 2009 toteutettujen hankkeiden pohjalta laskettu, Tero Mourujärven insinööritoimistossa määrittämä standardikäyrä. Käyrä on hyvin lähellä tässä tutkimuksessa luotuja talon- ja korjausrakentamisen käyriä ja näiden yksiköiden hankkeiden perusteella Mourujärvi muodosti oman käyränsä. Tulokset eivät siis muutu paljoa ajan mittaan, eivätkä luvut tarvitse inflaatiokorjaustakaan, sillä kaikki laskut perustuvat prosentteihin kokonaiskustannuksista. Ainoastaan tuotantotapojen tai laskutuskäytäntöjen suuret, pysyvät muutokset voivat huonontaa menetelmän käytettävyyttä tai aiheuttaa sen vanhentumisen. Tulokset ja käyrät voivat toki tarkentua jatkossa, jos lähtötietoihin lisätään hankkeita.

Tässä työssä kustannuskäyrän muodossa on huomioitu kaikki rakennusaikaiset kustannukset pääryhmistä 1-9. Joissain projektimuodoissa hankkeeseen kuuluvat kuitenkin myös suunnittelukulut, eli pääryhmä 0. Suunnittelukulut voivat kertyä myös rakennusaikana, mikä tulee huomioida tuloksia tarkastellessa ja mieluiten kustannustarkastelu suoritettaisiin kullekin kohteelle vain pääryhmien 1-9 osalta. Rakennuspro-

jektissa on myös mahdollista, ettei seitsemäs pääryhmä eli talotekniikka kuulu lainkaan päätoteuttajan urakkaan, vaan on erillisenä sivu-urakkana. Tällöin sen kustannukset eivät näy projektin kustannuksissa ja talotekniikkaurakan suuruudesta riippuen tällä voi olla merkittäväkin vaikutus hankkeen kustannuskäyrän muotoon. Aikataulutarkastelua tehtäessä talotekniikan mahdollinen puuttuminen tuleekin aina huomioida tuloksia tulkitessa.

Tuloksia tulkitessa tulee huomioida myös, että koko käyrän perusolettamuksena on projektin kokonaiskustannusarvion paikkansapitävyys. Jos kustannusarvio ei pidä paikkansa, ei menetelmän antamaan tulokseenkaan voi luottaa. Myös tästä syystä menetelmän liikennevalot voivat vaihtua keltaiselle ja punaiselle, vaikka tulos kertoisi hankkeen olevan reilusti edellä aikataulustaan. Näennäinen aikataulusta edellä oleminen saattaa todellisuudessa kertoa kustannustavoitteen ylittämisestä ja tähän projektin johdon tulisi reagoida. Tuloksia tarkastellessa on hyvä myös pohtia, onko tässä tutkimuksessa luodut käyrät optimikustannuskäyriä. Käyrät on luotu toteutuneiden hankkeiden kustannuskäyrien perusteella ja kuvaavat siten ainoastaan tämän hetken todellista tilannetta. Se ei tarkoita, että siihen tulisi pyrkiä tai että käyrien muotoinen kustannuskertymä olisi hankkeen kannalta paras ratkaisu.

Käytettävyyden kannalta menetelmän tärkein ominaisuus on sen helppokäyttöisyys. Tämän vuoksi tarkastelun käyttö on pyritty tekemään mahdollisimman yksinkertaiseksi ja samaan Excel-pohjaan laskentakaavion kanssa on luotu menetelmän käyttöohjeet omalle välilehdelle. Samalla välilehdellä selostetaan lyhyesti myös teoria lukujen taustalla, jotta käyttäjän olisi mahdollista tulkita oikein saamaansa tulosta.

5.4 Jatkotutkimusehdotukset ja suositeltavat toimenpiteet

Menetelmän käytettävyyttä pohdittaessa nousi esiin, että luotu käyrä kuvaa tämän hetken tilannetta, muttei välttämättä optimikäyriä. Olisikin hyvä selvittää, millainen kustannuskäyrä olisi optimi hankkeen sujuvan etenemisen kannalta. Tulisiko sen olla etupainoisempi, jotta hankkeen loppuun jäisi aikaa muutoksille ja häiriöille? Toisaalta liian löysä aikataulukkaan ei ole kannattava projektin kannalta.

Yrityksen kannalta on myös tärkeää, kuinka projektin tilaajalle lähetettävät maksuerät ovat suhteessa syntyviin kustannuksiin. Kustannuskertymään perustuva standardikäyrä voisikin olla pohjana maksuerätaulukkoa määritettäessä, mutta täysin ne eivät voi toisiaan vastata. Jos maksuerä saadaan vasta standardikäyrän mukaisella hetkellä, ovat kustannukset oikeasti syntyneet jo vähintään laskutusviiveen verran aikaisemmin. Kustannuskäyrä ei myöskään sisällä urakoitsijan katetta, vaan se olisi lisättävä käyrän antaman maksuerän suuruuteen.

Varsinaisten jatkotutkimusten lisäksi tämän työn tuloksia on hyvä tarkentaa tulevaisuudessa lisäämällä hankkeita lähdeaineistoon. Jos hankkeita saadaan lisättyä tarpeeksi, mahdollistuu myös rakennustyyppien jaottelu alaryhmiin, esimerkiksi rakennusvaiheen keston tai toteutusmuodon perusteella. Erityisesti asuntorakentamisen tulokset vaativat tarkennusta, sillä nykyinen aineisto painottui vahvasti pistekerrostaloihin.

LÄHTEET

Anbari, F.T. (2003). Earned value project management method and extensions. *Proj. Manag. J.* 34, s. 12–23.

Artto, K.A., Martinsuo, M., and Kujala, J. (2006). *Projektiliiketoiminta*. WSOY, 2. painos, 417 s.

Banki, M.T., and Esmaeeli, B. (2008). Using historical data for forecasting S-curves at construction industry. In *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2008. IEEM 2008, s. 282–286.

Barraza, G., Back, E., and Mata, F. (2004). Probabilistic Forecasting of Project Performance Using Stochastic S Curves. *J. Constr. Eng. Manag.* 130, s. 25–32.

Blyth, K., and Kaka, A. (2006). A novel multiple linear regression model for forecasting S-curves. *Eng. Constr. Archit. Manag.* 13, s. 82–95.

Chao, L.-C., and Chien, C.-F. (2009). Estimating Project S-Curves Using Polynomial Function and Neural Networks. *J. Constr. Eng. Manag.* 135, s. 169–177.

Cioffi, D.F. (2006). Designing project management: A scientific notation and an improved formalism for earned value calculations. *Int. J. Proj. Manag.* 24, s. 136–144.

Corovic, R. (2006). Why EVM is not good for schedule performance analyses (and how it could be...). *Meas. News* 2006–2007.

Czarnigowska, A., Jaskowski, P., and Biruk, S. (2011). Project Performance Reporting and Prediction: Extensions of Earned Value Management. *Int. J. Bus. Manag. Stud.* 3, s. 11–20.

Enkovaara, E., Haveri, H., and Jeskanen, P. (2006). *Rakennushankkeen kustannushallinta*. Rakennusteollisuuden keskusliitto ja Rakennustietosäätiö RTS, 4. painos, 266 s.

Fleming, Q.W., and Koppelman, J.M. (1998). Earned Value Project Management A Powerful Tool for Software Projects. *Softw. Manag.* 16, s. 19–23.

Fleming, Q.W., and Koppelman, J.M. (2004). Sarbanes-oxley: does compliance require earned value management on projects. *Contract Manage* 33, s. 26–28.

Golany, B., and Shtub, A. (2001). Work Breakdown Structure. *Handb. Ind. Eng. Technol. Oper. Manag.* 3. painos, s. 1263–1280.

Henderson, K. (2005). Earned schedule in action. *Meas. News* 8, s. 23–30.

- Henderson, K. (2007). Earned Schedule A Breakthrough, Extension to Earned Value Management. In Proceedings of PMI Global Congress Asia Pacific.
- Jokinen, T. (2001). Tuotekehitys. Otatieto, 6. painos, 201 s.
- Junnonen, J.-M. (2010). Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta. Suomen Rakennusmedia Oy. 1. painos, 138 s.
- Junnonen, J.-M., and Kankainen, J. (2012). Rakennusurakoitsijoiden hankintakäsikirja. Suomen Rakennusmedia Oy. 151 s.
- Kaka, A.P. (1999). The development of a benchmark model that uses historical data for monitoring the progress of current construction projects. *Eng. Constr. Archit. Manag.* 6, s.256–266.
- Kaka, A.P., and Price, A.D.F. (1993). Modelling standard cost commitment curves for contractors' cash flow forecasting. *Constr. Manag. Econ.* 11, s. 271–283.
- Kankainen, J., and Junnonen, J.-M. (2001). Rakennuttaminen. Rakennustieto Oy, 101 s.
- Kankainen, J., and Kolhonen, R. (2002). Rakennuttajan toimenpiteet urakan ajallisessa ohjauksessa. *Rakennustieto, Rakentajainkalenteri 2002*, s. 452-458
- Kenley, R. (2003). Financing construction: Cash flows and cash farming. Routledge, 261 s.
- Kenley, R., and Wilson, O.D. (1986). A construction project cash flow model—an idiographic approach. *Constr. Manag. Econ.* 4, s. 213–232.
- Kiiras, J. (2001). Toteutusmuodon valinta ”Tehtävätarjotin ja toteutusmuotokorit”. *Rakennustieto, Rakentajainkalenteri 2001*. s. 763-769
- Kim, E., Wells Jr, W.G., and Duffey, M.R. (2003). A model for effective implementation of Earned Value Management methodology. *Int. J. Proj. Manag.* 21, s. 375–382.
- Kolhonen, R., Toikkanen, S., and Kankainen, J. (1997). Hankinnat eri toteutusmuodoissa. *Rakennusteollisuuden keskusliitto*, 43 s.
- Koskenvesa, A., and Sahlstedt, S. (2011). Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Talonrakennusteollisuus ry, Rakennustieto, 2. painos, 143 s.
- Lehtinen, R. (2012). Turvallisuuskoordinaattori suunnittelua sisältävissä urakoissa. *Rakentajain Kalenteri 2012, Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy ja Rakennusmestarit ja insinöörit AMK RKL ry*, s. 64-67
- Lester, A. (2006). Project management, planning and control: managing engineering, construction and manufacturing projects to PMI, APM and BSI standards. Butterworth-Heinemann, 560 s.
- Lindholm, M. (2009). Kustannushallinta rakennushankkeessa, Suomen Rakennusmedia Oy, 1. painos, 56 s.

Lipke, W. (2003). Schedule is different. *Meas. News* 31, s. 31–34.

Mannila, H. (1997). Methods and problems in data mining. In *Database Theory — ICDT '97*, F. Afrati, and P. Kolaitis, eds. Springer Berlin Heidelberg, s. 41–55.

Motulsky, H., and Christopoulos, A. (2004). *Fitting Models to Biological Data Using Linear and Nonlinear Regression: A Practical Guide to Curve Fitting*, Oxford University Press. 353 s.

Mourujärvi, T. (2009). Kustannuskäyrän hyödyntäminen projektin aikatauluseurannassa. *Insinööritö. Metropolian ammattikorkeakoulu*, 54 s.

Pelin, R. (2011). *Projektihallinnan käsikirja. Projektinjohtorakentaminen* Risto Pelin, 7. painos, 400 s.

Peltonen, T., and Kiiras, J. (1998). Rakennuttajan riskit eri urakkamuodoissa. *Rakennustieto Oy*, 114 s.

Ratu KI-6019 (2011). Korjaustöiden laatu 2011 KTL. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS, 215 s.

Ratu KI-6025 (2014). Rakennustöiden laatu RTL. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS, 352 s.

RATU S-1229 Rakennustyömaan projektisuunnitelma. Rakennustieto Oy

RIL 258-2011 (2011). Teolliset ratkaisut korjausrakentamisessa. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 59 s.

RIL 262-2014 (2014). Taitava kuntarakennuttaja. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 282 s.

RIL 266-2014 (2014). Urakkaohjelman asema ja laadinta. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 97 s.

RT 10-11078 Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa.

RT 16-10906 Projektinjohtourakkasopimuksen laatiminen, talonrakennustyö.

Sun, L. (2008). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge:(PMBOK Guide)*. Project Management Institute, Incorporated, 4. painos, 507 s.

Taylor, J. (2007). *Project scheduling and cost control: planning, monitoring and controlling the baseline*. J. Ross Publishing, 128 s.

Tucker, S.N. (1988). A single alternative formula for Department of Health and Social Security S-curves. *Constr. Manag. Econ.* 6, s. 13–23.

Vandevoorde, S., and Vanhoucke, M. (2006). A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics. *Int. J. Proj. Manag.* 24, s. 289–302.

Vanhoucke, M. (2009). Measuring time: improving project performance using earned value management. Springer, 184 s.

Vanhoucke, M. (2012). Project management with dynamic scheduling. Springer, 315 s.

YSE 1998 Rakennusalan yleiset sopimusehdot.

LIITE 1

	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Talonrakentaminen						
Kiinteähinta	23	2,11 %	3,53 %	5,64 %	0,99059477	5,20 %
Kiinteähinta 6-12kk	12	2,64 %	4,09 %	6,73 %	0,98632043	
Kiinteähinta 12-18kk	8	1,64 %	3,02 %	4,66 %	0,99302367	
Kiinteähinta yli 18kk	3	1,59 %	2,29 %	3,88 %	0,99562744	
Kiinteähinta alle 3 milj.	7	2,01 %	2,45 %	4,45 %	0,99442446	
Kiinteähinta 3-5 milj.	9	2,55 %	4,52 %	7,06 %	0,98427435	
Kiinteähinta 5-10 milj.	6	1,57 %	2,18 %	3,75 %	0,99619978	
Kiinteähinta - myymälä yms.	5	2,01 %	3,27 %	5,29 %	0,99129713	
Kiinteähinta - hoitoala	6	1,45 %	2,20 %	3,65 %	0,99600251	
Kiinteähinta - muut rak.	3	2,51 %	3,29 %	5,81 %	0,99040396	
Kiinteähinta - opetus	5	1,71 %	1,81 %	3,52 %	0,99672464	
Kiinteähinta - urakkarak.	9	1,61 %	2,58 %	4,19 %	0,99448982	
Kiinteähinta - neuvottelu	5	1,92 %	3,61 %	5,53 %	0,99061496	
Kiinteähinta - muut toteutusmuodo	7	2,68 %	3,61 %	6,29 %	0,98846345	
Kiinteähinta - urakointi	15	1,89 %	2,57 %	4,46 %	0,99441138	
Kiinteähinta - kiinteistökehitys	3	2,23 %	4,04 %	6,27 %	0,98566018	
Kiinteähinta - toimitilapartnering	5	2,30 %	4,87 %	7,18 %	0,98355529	
Talonrakentaminen						
Tavoitehintaa	20	1,93 %	2,97 %	4,90 %	0,99330257	4,27 %
Tavoitehintaa 6-12kk	4	2,26 %	2,94 %	5,20 %	0,99273461	
Tavoitehintaa 12-18kk	13	1,52 %	1,81 %	3,33 %	0,99697743	
Tavoitehintaa yli 18kk	3	2,26 %	2,79 %	5,04 %	0,99388329	
Tavoitehintaa 5-10 milj.	9	1,66 %	3,06 %	4,71 %	0,99356127	
Tavoitehintaa 10-15 milj.	6	2,53 %	2,42 %	4,95 %	0,99452049	
Tavoitehintaa yli 15 milj.	3	1,74 %	1,87 %	3,60 %	0,99614105	
Tavoitehintaa - kiinteistökehitys	13	1,61 %	2,21 %	3,83 %	0,99598394	
Tavoitehintaa - toimitilapartnering	5	2,00 %	3,70 %	5,71 %	0,98884933	
Tavoitehintaa - neuvottelu	12	1,45 %	1,90 %	3,35 %	0,99678333	
Tavoitehintaa - PJ-urakka	3	0,88 %	1,98 %	2,86 %	0,9973164	
Tavoitehintaa - muut toteutusmuodo	4	2,47 %	4,94 %	7,41 %	0,98222248	
Tavoitehintaa - toimisto	13	1,74 %	2,21 %	3,95 %	0,99592369	
Tavoitehintaa - teollisuus	3	3,04 %	2,97 %	6,01 %	0,99041405	

Talonrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Virheraja	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
6-12kk	17	2,59 %	4,09 %	6,68 %	0,98643094	5,81 %
6-12 kk alle 3 milj.	5	2,33 %	2,35 %	4,68 %	0,9932326	
6-12kk 3-5 milj.	7	2,89 %	4,58 %	7,47 %	0,98284739	
6-12kk 5-10 milj.	4	2,50 %	3,42 %	5,92 %	0,99042415	
6-12 kk - myymälä	6	2,15 %	3,52 %	5,67 %	0,99029087	
6-12 kk - hoitoala	3	1,71 %	2,40 %	4,11 %	0,99481506	
6-12 kk - teollisuus	4	3,23 %	3,22 %	6,45 %	0,98950897	
6-12 kk - muut rak.	3	2,51 %	3,29 %	5,81 %	0,99040396	
Kiinteähinta 6-12kk	12	2,64 %	4,09 %	6,73 %	0,98632043	
Tavoitehintaa 6-12kk	4	2,26 %	2,94 %	5,20 %	0,99273461	
Urakkarakentaminen 6-12kk	4	2,71 %	2,45 %	5,16 %	0,99292648	
Neuvottelu-urakka 6-12kk	4	1,97 %	3,82 %	5,79 %	0,98867234	
Muut 6-12kk	6	2,31 %	3,96 %	6,27 %	0,98658603	
Urakointi 6-12kk	6	2,47 %	2,46 %	4,94 %	0,99390744	
Toimitilapartnering 6-12kk	7	1,70 %	2,76 %	4,46 %	0,99371274	
Kiinteistökehitys 6-12kk	4	2,75 %	3,71 %	6,46 %	0,98735455	
Talonrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
12-18kk	22	1,90 %	2,47 %	4,36 %	0,99476681	3,84 %
12-18kk 3-5 milj.	4	2,14 %	3,51 %	5,65 %	0,98927398	
12-18kk 5-10 milj.	10	1,72 %	1,94 %	3,66 %	0,99667096	
12-18kk 10-15 milj.	4	1,48 %	1,56 %	3,04 %	0,997549	
12-18kk - hoitoala	3	1,54 %	1,47 %	3,01 %	0,99776951	
12-18kk - toimisto	12	1,50 %	2,07 %	3,57 %	0,9964517	
12-18kk - opetus	5	1,96 %	2,09 %	4,05 %	0,9952673	
Kiinteähinta 12-18kk	8	1,64 %	3,02 %	4,66 %	0,99302367	
Tavoitehintaa 12-18kk	13	1,52 %	1,81 %	3,33 %	0,99697743	
Neuvottelu-urakka 12-18kk	12	1,49 %	1,81 %	3,30 %	0,99713038	
Muut 12-18kk	6	2,72 %	2,99 %	5,71 %	0,99026764	
Urakointi 12-18kk	8	1,60 %	2,36 %	3,96 %	0,99517737	
Toimitilapartnering 12-18kk	3	1,77 %	3,25 %	5,02 %	0,99131781	
Kiinteistökehitys 12-18kk	11	1,44 %	1,82 %	3,26 %	0,99712537	
Talonrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
yli 18kk	6	1,87 %	2,75 %	4,62 %	0,99399447	4,00 %
Kiinteähinta yli 18kk	3	1,59 %	2,29 %	3,88 %	0,99562744	
Tavoitehintaa yli 18kk	3	2,26 %	2,79 %	5,04 %	0,99388329	
Urakkarakentaminen yli 18kk	3	1,59 %	2,29 %	3,88 %	0,99562744	
Urakointi yli 18kk	4	1,24 %	2,14 %	3,39 %	0,99646626	

Talonrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Urakkarakentaminen	9	1,61 %	2,58 %	4,19 %	0,99448982	4,17 %
Urakkarakentaminen 6-12kk	4	2,71 %	2,45 %	5,16 %	0,99292648	
Urakkarakentaminen yli 18kk	3	1,59 %	2,29 %	3,88 %	0,99562744	
Urakkarak. alle 3 milj.	6	1,53 %	2,34 %	3,87 %	0,99515577	
Urakkarak. - hoitoala	4	1,78 %	2,10 %	3,88 %	0,99579315	
Talonrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Neuvottelu-urakka	17	1,63 %	2,47 %	4,10 %	0,99536325	3,80 %
Kiinteähinta - neuvottelu	5	1,92 %	3,61 %	5,53 %	0,99061496	
Tavoitehintaa - neuvottelu	12	1,45 %	1,90 %	3,35 %	0,99678333	
Neuvottelu-urakointi 5-10 milj.	8	1,34 %	1,70 %	3,03 %	0,99756052	
Neuvottelu-urak. 10-15 milj.	5	1,67 %	1,98 %	3,65 %	0,99630367	
Neuvottelu-urakka 6-12kk	4	1,97 %	3,82 %	5,79 %	0,98867234	
Neuvottelu-urakka 12-18kk	12	1,49 %	1,81 %	3,30 %	0,99713038	
Neuvottelu - myymälä yms.	3	1,48 %	2,08 %	3,56 %	0,99652195	
Neuvottelu - toimisto	11	1,55 %	1,88 %	3,43 %	0,9968049	
Neuvottelu - kiinteistökehitys	15	1,67 %	2,54 %	4,21 %	0,99508995	
Talonrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Muu toteutusmuoto	13	3,25 %	3,97 %	7,22 %	0,98558105	6,02 %
Muut 6-12kk	6	2,31 %	3,96 %	6,27 %	0,98658603	
Muut 12-18kk	6	2,72 %	2,99 %	5,71 %	0,99026764	
Muut - toimisto	3	2,59 %	2,12 %	4,71 %	0,99532105	
Muut - opetus	3	2,28 %	2,07 %	4,35 %	0,99414436	
Muut - urakointi	4	2,57 %	2,58 %	5,15 %	0,99245705	
Muut - toimitilapartnering	7	2,50 %	4,37 %	6,87 %	0,98479236	
Kiinteähinta - muut toteutusmuodot	7	2,68 %	3,61 %	6,29 %	0,98846345	
Tavoitehintaa - muut toteutusmuodot	4	2,47 %	4,94 %	7,41 %	0,98222248	
Muut 3-5 milj.	6	2,22 %	3,80 %	6,02 %	0,98796457	
Muut 5-10 milj.	3	3,06 %	2,73 %	5,79 %	0,99084257	

	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Talonrakentaminen						
alle 3 milj.	11	2,65 %	4,42 %	7,07 %	0,98475835	4,20 %
alle 3 milj. 6-12kk	5	2,33 %	2,35 %	4,68 %	0,9932326	
alle 3 milj. hoitoala	3	1,81 %	1,68 %	3,50 %	0,99669955	
Kiinteähinta alle 3 milj.	7	2,01 %	2,45 %	4,45 %	0,99442446	
Muut alle 3 milj.	3	1,67 %	1,89 %	3,56 %	0,99643464	
Urakkarak. alle 3 milj.	6	1,53 %	2,34 %	3,87 %	0,99515577	
Urakointi alle 3 milj.	7	2,01 %	2,45 %	4,45 %	0,99442446	
Talonrakentaminen						
3-5 milj.	11	2,65 %	4,42 %	7,07 %	0,98475835	6,27 %
3-5 milj. 6-12kk	7	2,89 %	4,58 %	7,47 %	0,98284739	
3-5 milj. 12-18kk	4	2,14 %	3,51 %	5,65 %	0,98927398	
3-5 milj. myymälä yms.	4	2,12 %	3,96 %	6,09 %	0,98718235	
3-5 milj. hoitoala	3	0,72 %	1,06 %	1,78 %	0,99894344	
Kiinteähinta 3-5 milj.	9	2,55 %	4,52 %	7,06 %	0,98427435	
Muut 3-5 milj.	6	2,22 %	3,80 %	6,02 %	0,98796457	
Toimitilapartnering 3-5 milj.	6	2,08 %	4,61 %	6,68 %	0,98510101	
Talonrakentaminen						
5-10 milj.	15	1,50 %	2,77 %	4,27 %	0,99462204	4,00 %
5-10 milj. 6-12kk	4	2,50 %	3,42 %	5,92 %	0,99042415	
5-10 milj. 12-18kk	10	1,72 %	1,94 %	3,66 %	0,99667096	
5-10 milj. myymälä yms.	3	1,59 %	2,06 %	3,65 %	0,99660674	
5-10 milj. toimisto	5	1,32 %	1,59 %	2,90 %	0,99771489	
5-10 milj. opetus	4	1,36 %	1,98 %	3,34 %	0,99653249	
Kiinteähinta 5-10 milj.	6	1,57 %	2,18 %	3,75 %	0,99619978	
Tavoitehintaa 5-10 milj.	9	1,66 %	3,06 %	4,71 %	0,99356127	
Neuvottelu-urakointi 5-10 milj.	8	1,34 %	1,70 %	3,03 %	0,99756052	
Muut 5-10 milj.	3	3,06 %	2,73 %	5,79 %	0,99084257	
Urakointi 5-10 milj.	6	2,00 %	2,30 %	4,29 %	0,99524369	
Kiinteistökehitys 5-10 milj.	7	1,39 %	1,65 %	3,05 %	0,99758709	
Toimitilapartnering 5-10 milj.	3	3,47 %	2,95 %	6,42 %	0,99126687	
Talonrakentaminen						
10-15 milj.	7	2,49 %	2,36 %	4,86 %	0,99473514	4,26 %
10-15 milj. 12-18kk	4	1,48 %	1,56 %	3,04 %	0,997549	
10-15 milj. toimisto	5	2,30 %	2,34 %	4,64 %	0,9948226	
Tavoitehintaa 10-15 milj.	6	2,53 %	2,42 %	4,95 %	0,99452049	
Neuvottelu-urak. 10-15 milj.	5	1,67 %	1,98 %	3,65 %	0,99630367	
Kiinteistökehitys 10-15 milj.	5	2,30 %	2,34 %	4,64 %	0,9948226	

Talonrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Urakointi	18	1,67 %	2,47 %	4,14 %	0,99473414	4,22 %
Urakointi 6-12kk	6	2,47 %	2,46 %	4,94 %	0,99390744	
Urakointi 12-18kk	8	1,60 %	2,36 %	3,96 %	0,99517737	
Urakointi yli 18kk	4	1,24 %	2,14 %	3,39 %	0,99646626	
Urakointi alle 3 milj.	7	2,01 %	2,45 %	4,45 %	0,99442446	
Urakointi 5-10 milj.	6	2,00 %	2,30 %	4,29 %	0,99524369	
Kiinteähintä - urakointi	15	1,89 %	2,57 %	4,46 %	0,99441138	
Urakkarak. - urakointi	9	1,61 %	2,58 %	4,19 %	0,99448982	
Muut - urakointi	4	2,57 %	2,58 %	5,15 %	0,99245705	
Urakointi - hoitoala	5	1,11 %	1,98 %	3,09 %	0,99689668	
Urakointi - opetus	7	1,77 %	2,08 %	3,85 %	0,99577307	
Talonrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Kiinteistökehitys	17	1,75 %	2,74 %	4,49 %	0,99431484	4,06 %
Kiinteistökehitys 6-12kk	4	2,75 %	3,71 %	6,46 %	0,98735455	
Kiinteistökehitys 12-18kk	11	1,44 %	1,82 %	3,26 %	0,99712537	
Kiinteistökehitys 5-10 milj.	7	1,39 %	1,65 %	3,05 %	0,99758709	
Kiinteistökehitys 10-15 milj.	5	2,30 %	2,34 %	4,64 %	0,99482226	
Kiinteähintä - kiinteistökehitys	3	2,23 %	4,04 %	6,27 %	0,98566018	
Tavoitehintä - kiinteistökehitys	13	1,61 %	2,21 %	3,83 %	0,99598394	
Neuvottelu - kiinteistökehitys	15	1,67 %	2,54 %	4,21 %	0,99508995	
Kiinteistökehitys - myymälä	3	1,61 %	2,44 %	4,05 %	0,99479345	
Kiinteistökehitys - toimisto	12	1,66 %	2,19 %	3,85 %	0,99601054	
Talonrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Toimitilapartnering	10	2,58 %	4,32 %	6,90 %	0,98588843	5,85 %
Toimitilapartnering 6-12kk	7	1,70 %	2,76 %	4,46 %	0,99371274	
Toimitilapartnering 12-18kk	3	1,77 %	3,25 %	5,02 %	0,99131781	
Toimitilapartnering 3-5 milj.	6	2,08 %	4,61 %	6,68 %	0,98510101	
Toimitilapartnering 5-10 milj.	3	3,47 %	2,95 %	6,42 %	0,99126687	
Kiinteähintä - toimitilapartnering	5	2,30 %	4,87 %	7,18 %	0,98355529	
Tavoitehintä - toimitilapartnering	5	2,00 %	3,70 %	5,71 %	0,98884933	
Muut - toimitilapartnering	7	2,50 %	4,37 %	6,87 %	0,98479236	
Toimitilapart. - myymälä	3	0,74 %	2,45 %	3,20 %	0,99554709	
Toimitilapart. - teollisuus	3	2,99 %	2,97 %	5,96 %	0,99107366	

	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Talonrakentaminen						
Myymäla-, majoitus- ja ravitsemusrakennukset	8	2,01 %	3,45 %	5,45 %	0,9908461	4,94 %
Myymäla, majoitus yms. 6-12kk	6	2,15 %	3,52 %	5,67 %	0,99029087	
Myymäla-, majoitusrak. yms. 3-5 milj.	4	2,12 %	3,96 %	6,09 %	0,98718235	
Myymäla-, majoitusrak. yms. 5-10 milj.	3	1,59 %	2,06 %	3,65 %	0,99660674	
Kiinteähinta -myymälä yms.	5	2,01 %	3,27 %	5,29 %	0,99129713	
Neuvottelu - myymälä yms.	3	1,48 %	2,08 %	3,56 %	0,99652195	
Kiinteistökehitys - myymälä	3	1,61 %	2,44 %	4,05 %	0,99479345	
Talonrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Hoitoalan rakennukset	7	0,96 %	2,03 %	2,98 %	0,9969012	3,34 %
Hoitoala 6-12kk	3	1,71 %	2,40 %	4,11 %	0,99481506	
Hoitoala 12-18kk	3	1,54 %	1,47 %	3,01 %	0,99776951	
Hoitoalan rak. Alle 3 milj.	3	1,81 %	1,68 %	3,50 %	0,99669955	
Hoitoalan rak. 3-5 milj.	3	0,72 %	1,06 %	1,78 %	0,99894344	
Kiinteähinta - hoitoala	6	1,45 %	2,20 %	3,65 %	0,99600251	
Urakkarak. - hoitoala	4	1,78 %	2,10 %	3,88 %	0,99579315	
Urakointi - hoitoala	5	1,11 %	1,98 %	3,09 %	0,99689668	
Talonrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Toimistorakennukset	14	1,74 %	2,34 %	4,08 %	0,99549636	3,77 %
Tavoitehinta - toimisto	13	1,74 %	2,21 %	3,95 %	0,99592369	
5-10 milj. toimisto	5	1,32 %	1,59 %	2,90 %	0,99771489	
10-15 milj. toimisto	5	2,30 %	2,34 %	4,64 %	0,9948226	
Neuvottelu - toimisto	11	1,55 %	1,88 %	3,43 %	0,9968049	
Muut - toimisto	3	2,59 %	2,12 %	4,71 %	0,99532105	
Kiinteistökehitys - toimisto	12	1,66 %	2,19 %	3,85 %	0,99601054	
12-18kk - toimisto	12	1,50 %	2,07 %	3,57 %	0,9964517	
Talonrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Opetusrakennukset	7	1,77 %	2,08 %	3,85 %	0,99577307	3,80 %
Kiinteähinta - opetus	5	1,71 %	1,81 %	3,52 %	0,99672464	
5-10 milj. opetus	4	1,36 %	1,98 %	3,34 %	0,99653249	
Muut - opetus	3	2,28 %	2,07 %	4,35 %	0,99414436	
Urakointi - opetus	7	1,77 %	2,08 %	3,85 %	0,99577307	
12-18kk - opetus	5	1,96 %	2,09 %	4,05 %	0,9952673	

Korjausrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Kiinteähinta	23	2,77 %	3,39 %	6,17 %	0,99002222	5,70 %
Kiinteähinta 6-12kk	13	2,81 %	4,64 %	7,45 %	0,98509543	
Kiinteähinta 12-18kk	7	1,95 %	3,25 %	5,20 %	0,99204032	
Kiinteähinta yli 18kk	3	1,35 %	1,84 %	3,19 %	0,9969333	
Kiinteähinta alle 3 milj.	8	1,92 %	3,18 %	5,11 %	0,99252607	
Kiinteähinta 3-5 milj.	10	2,03 %	2,98 %	5,02 %	0,99315407	
Kiinteähinta 5-10 mij.	3	1,97 %	4,12 %	6,09 %	0,98911981	
Kiinteähinta - urakointi	21	2,66 %	3,41 %	6,07 %	0,99000455	
Kiinteähinta - urakkarak.	19	2,70 %	3,44 %	6,14 %	0,9897626	
Kiinteähinta - neuvottelu	4	2,38 %	2,37 %	4,75 %	0,99463762	
Kiinteähinta - asuinrak.	14	2,46 %	3,46 %	5,92 %	0,99054228	
Kiinteähinta - toimisto	3	1,09 %	1,70 %	2,79 %	0,99772391	
Kiinteähinta - opetus	4	1,78 %	2,03 %	3,81 %	0,99583683	
Korjausrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Tavoitehintaa	26	2,39 %	3,82 %	6,21 %	0,98889433	6,05 %
Tavoitehintaa 6-12kk	13	2,62 %	3,17 %	5,79 %	0,99141515	
Tavoitehintaa 12-18kk	12	2,40 %	3,77 %	6,17 %	0,98927802	
Tavoitehintaa alle 3 milj.	10	2,57 %	3,05 %	5,62 %	0,99210685	
Tavoitehintaa 3-5 milj.	7	1,83 %	4,21 %	6,04 %	0,9878016	
Tavoitehintaa 5-10 milj.	8	2,32 %	3,14 %	5,46 %	0,99168745	
Tavoitehintaa - PJ-urakka	24	2,51 %	3,93 %	6,44 %	0,98809514	
Tavoitehintaa - urakointi	17	2,49 %	3,75 %	6,24 %	0,98923203	
Tavoitehintaa - toimitilapartnering	8	2,71 %	2,96 %	5,67 %	0,99204637	
Tavoitehintaa - asuinrak.	11	2,97 %	4,33 %	7,30 %	0,98527306	
Tavoitehintaa - hoitoala	3	2,58 %	3,33 %	5,91 %	0,99107517	
Tavoitehintaa - toimisto	6	2,20 %	2,73 %	4,93 %	0,99360656	
Tavoitehintaa - opetus	4	2,55 %	2,04 %	4,59 %	0,99538736	
Korjausrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Laskutyö	8	2,03 %	3,56 %	5,59 %	0,99010858	5,39 %
Laskutyö 6-12kk	4	2,10 %	3,01 %	5,11 %	0,99235679	
Laskutyö alle 3 milj.	3	2,43 %	3,03 %	5,46 %	0,99232051	
Laskutyö 3-5 milj.	3	2,73 %	3,63 %	6,37 %	0,9879671	
Laskutyö - urakkarak.	3	1,62 %	2,09 %	3,71 %	0,99650439	
Laskutyö - neuvottelu	5	2,56 %	3,64 %	6,19 %	0,98762189	
Laskutyö - urakointi	4	2,11 %	3,71 %	5,82 %	0,98917996	
Laskutyö - toimitilapartnering	4	1,86 %	1,76 %	3,63 %	0,99676527	
Laskutyö - toimisto	5	2,52 %	3,73 %	6,25 %	0,98853225	

	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Korjausrakentaminen						
6-12kk	30	2,31 %	3,93 %	6,23 %	0,98860811	5,93 %
Kiinteähinta 6-12kk	13	2,81 %	4,64 %	7,45 %	0,98509543	
Tavoitehintaa 6-12kk	13	2,62 %	3,17 %	5,79 %	0,99141515	
Laskutyö 6-12kk	4	2,10 %	3,01 %	5,11 %	0,99235679	
Urakkarakentaminen 6-12kk	10	2,02 %	3,13 %	5,16 %	0,99230741	
Neuvottelu-urakka 6-12kk	7	2,14 %	2,26 %	4,40 %	0,99503166	
PJ-urakka 6-12kk	13	2,62 %	3,17 %	5,79 %	0,99141515	
alle 3 milj. 6-12kk	20	2,28 %	3,98 %	6,26 %	0,98839466	
3-5 milj. 6-12kk	10	1,77 %	3,47 %	5,24 %	0,99139599	
Urakointi 6-12kk	19	2,22 %	3,41 %	5,63 %	0,99128704	
Toimitilapartnering 6-12kk	11	3,13 %	4,26 %	7,39 %	0,9842647	
Asuinrakennukset 6-12kk	18	2,29 %	3,69 %	5,98 %	0,98979392	
Toimistorakennukset 6-12kk	4	1,60 %	2,89 %	4,49 %	0,99392505	
	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Korjausrakentaminen						
12-18kk	21	2,22 %	3,76 %	5,98 %	0,98947208	5,74 %
Kiinteähinta 12-18kk	7	1,95 %	3,25 %	5,20 %	0,99204032	
Tavoitehintaa 12-18kk	12	2,40 %	3,77 %	6,17 %	0,98927802	
Urakkarakentaminen 12-18kk	8	1,69 %	3,13 %	4,82 %	0,99298087	
PJ-urakka 12-18kk	10	2,60 %	3,95 %	6,56 %	0,98769378	
alle 3 milj. 12-18kk	3	3,41 %	3,92 %	7,33 %	0,98443334	
3-5 milj. 12-18kk	10	2,63 %	3,85 %	6,47 %	0,98822973	
5-10 milj. 12-18kk	6	1,72 %	2,42 %	4,14 %	0,995101	
Urakointi 12-18kk	18	2,32 %	3,89 %	6,20 %	0,98863846	
Asuinrakennukset 12-18kk	7	2,44 %	4,12 %	6,57 %	0,98758088	
Toimistorakennukset 12-18kk	7	1,65 %	2,50 %	4,15 %	0,99435959	
Opetusrakennukset 12-18kk	5	1,79 %	2,40 %	4,19 %	0,9952874	
	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Korjausrakentaminen						
yli 18kk	6	1,66 %	2,04 %	3,70 %	0,99617719	3,51 %
Kiinteähinta yli 18kk	3	1,35 %	1,84 %	3,19 %	0,9969333	
Urakkarakentaminen yli 18kk	4	1,80 %	1,96 %	3,77 %	0,99624997	
5-10 milj. yli 18kk	5	1,74 %	1,94 %	3,68 %	0,99653349	
Urakointi yli 18kk	5	1,68 %	2,11 %	3,78 %	0,99610491	
Opetusrakennukset yli 18kk	3	1,51 %	1,20 %	2,71 %	0,99819637	

Korjausrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Urakkarakentaminen	22	2,51 %	3,37 %	5,88 %	0,99060739	5,28 %
Urakkarakentaminen 6-12kk	10	2,02 %	3,13 %	5,16 %	0,99230741	
Urakkarakentaminen 12-18kk	8	1,69 %	3,13 %	4,82 %	0,99298087	
Urakkarakentaminen yli 18kk	4	1,80 %	1,96 %	3,77 %	0,99624997	
Urakkarak. alle 3 milj.	8	2,15 %	3,28 %	5,43 %	0,99189667	
Urakkarak. 3-5 milj.	8	1,62 %	1,87 %	3,49 %	0,99687562	
Urakkarak. 5-10 milj.	4	2,16 %	3,62 %	5,77 %	0,99116245	
Kiinteähinta - urakkarak.	19	2,70 %	3,44 %	6,14 %	0,9897626	
Laskutyö - urakkarak.	3	1,62 %	2,09 %	3,71 %	0,99650439	
Urakkarak. - urakointi	22	2,51 %	3,37 %	5,88 %	0,99060739	
Urakkarak. - asuinrak.	12	2,50 %	3,41 %	5,91 %	0,99105752	
Urakkarak. - toimisto	5	1,30 %	3,01 %	4,31 %	0,99349182	
Urakkarak. - opetus	4	1,78 %	2,03 %	3,81 %	0,99583683	
Korjausrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Neuvottelu-urakka	10	2,48 %	3,27 %	5,75 %	0,99035044	5,11 %
Neuvottelu-urakka 6-12kk	7	2,14 %	2,26 %	4,40 %	0,99503166	
Neuvottelu-urak alle 3 milj.	4	1,77 %	1,96 %	3,73 %	0,99623742	
Neuvottelu-urak. 3-5 milj.	4	3,56 %	3,72 %	7,28 %	0,98511877	
Kiinteähinta - neuvottelu	4	2,38 %	2,37 %	4,75 %	0,99463762	
Laskutyö - neuvottelu	5	2,56 %	3,64 %	6,19 %	0,98762189	
Neuvottelu - urakointi	3	3,09 %	3,44 %	6,53 %	0,98702178	
Neuvottelu - toimitilapartnering	6	2,15 %	2,25 %	4,40 %	0,99513818	
Neuvottelu - asuinrak.	3	1,86 %	2,03 %	3,89 %	0,99597289	
Neuvottelu - toimisto	4	2,01 %	3,49 %	5,49 %	0,98914256	
Korjausrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
PJ-urakka	24	2,51 %	3,93 %	6,44 %	0,98809514	6,41 %
PJ-urakka 6-12kk	13	2,62 %	3,17 %	5,79 %	0,99141515	
PJ-urakka 12-18kk	10	2,60 %	3,95 %	6,56 %	0,98769378	
PJ-urakka alle 3 milj.	10	3,33 %	3,22 %	6,54 %	0,99224392	
PJ-urakka 3-5 milj.	7	3,51 %	3,68 %	7,18 %	0,9878016	
PJ-urakka 5-10 milj.	6	4,47 %	3,19 %	7,66 %	0,99003333	
Tavoitehintaa - PJ-urakka	24	2,51 %	3,93 %	6,44 %	0,98809514	
PJ-urakka - urakointi	17	2,49 %	3,75 %	6,24 %	0,98923203	
PJ-urakka - toimitilapartnering	7	2,29 %	2,98 %	5,27 %	0,99251297	
PJ-urakka - asuinrak.	11	2,97 %	4,33 %	7,30 %	0,98543341	
PJ-urakka - hoitoala	3	2,58 %	3,33 %	5,91 %	0,99107517	
PJ-urakka - toimisto	5	2,66 %	2,80 %	5,46 %	0,99274468	
PJ-urakka - opetus	4	3,29 %	2,89 %	6,18 %	0,99126334	

Korjausrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
alle 3 milj.	21	2,69 %	4,15 %	6,84 %	0,98672185	6,06 %
Kiinteähinta alle 3 milj.	8	1,92 %	3,18 %	5,11 %	0,99252607	
Tavoitehintaa alle 3 milj.	10	2,57 %	3,05 %	5,62 %	0,99210685	
Laskutyö alle 3 milj.	3	2,43 %	3,03 %	5,46 %	0,99232051	
Urakkarak. alle 3 milj.	8	2,15 %	3,28 %	5,43 %	0,99189667	
Neuvottelu-urak alle 3 milj.	4	1,77 %	1,96 %	3,73 %	0,99623742	
PJ-urakka alle 3 milj.	10	3,33 %	3,22 %	6,54 %	0,99224392	
Urakointi alle 3 milj.	14	2,77 %	3,76 %	6,53 %	0,98836936	
Toimitilapartnering alle 3 milj.	8	3,03 %	3,55 %	6,58 %	0,98917289	
Asuinrakennukset alle 3 milj.	15	2,59 %	3,86 %	6,45 %	0,98862278	
Hoitoalan rak. alle 3 milj.	3	2,58 %	3,33 %	5,91 %	0,99107517	
6-12 kk alle 3 milj.	19	2,28 %	3,98 %	6,26 %	0,98839466	
12-18kk alle 3 milj.	3	3,41 %	3,92 %	7,33 %	0,98443334	
Korjausrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
3-5 milj.	20	2,27 %	3,69 %	5,96 %	0,98950392	5,80 %
Kiinteähinta 3-5 milj.	10	2,03 %	2,98 %	5,02 %	0,99315407	
Tavoitehintaa 3-5 milj.	7	1,83 %	4,21 %	6,04 %	0,9878016	
Laskutyö 3-5 milj.	3	2,73 %	3,63 %	6,37 %	0,9879671	
Urakkarak. 3-5 milj.	8	1,62 %	1,87 %	3,49 %	0,99687562	
Neuvottelu-urak. 3-5 milj.	4	3,56 %	3,72 %	7,28 %	0,98511877	
PJ-urakka 3-5 milj.	7	3,51 %	3,68 %	7,18 %	0,9878016	
Urakointi 3-5 milj.	16	2,07 %	3,76 %	5,83 %	0,9903767	
Toimitilapartnering 3-5 milj.	3	3,71 %	4,58 %	8,30 %	0,97960808	
Asuinrakennukset 3-5 milj.	10	2,55 %	3,91 %	6,46 %	0,98899494	
Toimistorak. 3-5 milj.	6	2,01 %	2,28 %	4,29 %	0,9949603	
6-12kk 3-5 milj.	9	1,77 %	3,47 %	5,24 %	0,99139599	
12-18kk 3-5 milj.	10	2,63 %	3,85 %	6,47 %	0,98822973	
Korjausrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
5-10 milj.	13	2,48 %	3,90 %	6,38 %	0,98798381	5,69 %
Kiinteähinta 5-10 mij.	3	1,97 %	4,12 %	6,09 %	0,98911981	
Tavoitehintaa 5-10 milj.	8	2,32 %	3,14 %	5,46 %	0,99168745	
Urakkarak. 5-10 milj.	4	2,16 %	3,62 %	5,77 %	0,99116245	
PJ-urakka 5-10 milj.	6	4,47 %	3,19 %	7,66 %	0,99003333	
Urakointi 5-10 milj.	9	2,73 %	4,00 %	6,73 %	0,98722642	
Toimitilapartnering 5-10 milj.	3	2,17 %	3,53 %	5,70 %	0,99079059	
Toimistorak. 5-10 milj.	6	2,11 %	3,56 %	5,67 %	0,99021513	
Opetusrak. 5-10 milj.	4	2,66 %	2,63 %	5,29 %	0,99314198	
12-18kk 5-10 milj.	6	1,72 %	2,43 %	4,15 %	0,99501055	
yli 18kk 5-10 milj.	5	1,74 %	1,94 %	3,68 %	0,99653349	

Korjausrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Urakointi	42	2,62 %	3,80 %	6,42 %	0,98831523	6,01 %
Urakointi 6-12kk	19	2,22 %	3,41 %	5,63 %	0,99128704	
Urakointi 12-18kk	18	2,32 %	3,89 %	6,20 %	0,98863846	
Urakointi yli 18kk	5	1,68 %	2,11 %	3,78 %	0,99610491	
Urakointi alle 3 milj.	14	2,77 %	3,76 %	6,53 %	0,98836936	
Urakointi 3-5 milj.	16	2,07 %	3,76 %	5,83 %	0,9903767	
Urakointi 5-10 milj.	9	2,73 %	4,00 %	6,73 %	0,98722642	
Kiinteähinta - urakointi	21	2,66 %	3,41 %	6,07 %	0,99000455	
Tavoitehintaa - urakointi	17	2,49 %	3,75 %	6,24 %	0,98923203	
Laskutyö - urakointi	4	2,11 %	3,71 %	5,82 %	0,98917996	
Urakkarak. - urakointi	22	2,51 %	3,37 %	5,88 %	0,99060739	
Neuvottelu - urakointi	3	3,09 %	3,44 %	6,53 %	0,98702178	
PJ-urakka - urakointi	17	2,49 %	3,75 %	6,24 %	0,98923203	
Urakointi - asuinrak.	21	2,46 %	3,94 %	6,39 %	0,98860154	
Urakointi - toimisto	11	2,16 %	3,29 %	5,46 %	0,99134303	
Urakointi - opetus	8	2,80 %	2,57 %	5,38 %	0,99293655	
Korjausrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Toimitilapartnering	14	2,57 %	4,03 %	6,60 %	0,98690526	6,03 %
Toimitilapartnering 6-12kk	11	3,13 %	4,26 %	7,39 %	0,9842647	
Toimitilapartnering alle 3 milj.	8	3,03 %	3,55 %	6,58 %	0,98917289	
Toimitilapartnering 3-5 milj.	3	3,71 %	4,58 %	8,30 %	0,97960808	
Toimitilapartnering 5-10 milj.	3	2,17 %	3,53 %	5,70 %	0,99079059	
Tavoitehintaa - toimitilapartnering	8	2,71 %	2,96 %	5,67 %	0,99204637	
Laskutyö - toimitilapartnering	4	1,86 %	1,76 %	3,63 %	0,99676527	
Neuvottelu - toimitilapartnering	6	2,15 %	2,25 %	4,40 %	0,99513818	
PJ-urakka - toimitilapartnering	7	2,29 %	2,98 %	5,27 %	0,99251297	
Toimitilapart. - asuinrak.	5	2,79 %	3,82 %	6,61 %	0,98750899	
Toimitilapart. - hoitoala	3	2,58 %	3,33 %	5,91 %	0,99107517	

Korjausrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Asunrakennukset	26	2,80 %	4,64 %	7,45 %	0,98463648	6,36 %
Kiinteähinta - asuinrak.	14	2,46 %	3,46 %	5,92 %	0,99054228	
Tavoitehintaa - asuinrak.	11	2,97 %	4,33 %	7,30 %	0,98527306	
6-12 kk asuinrak.	18	2,29 %	3,69 %	5,98 %	0,98979392	
12-18kk asuinrak	7	2,44 %	4,12 %	6,57 %	0,98758088	
alle 3 milj. asuinrak.	15	2,59 %	3,86 %	6,45 %	0,98862278	
3-5 milj. asuinrak.	10	2,55 %	3,91 %	6,46 %	0,98899494	
Urakkarak. - asuinrak.	12	2,50 %	3,41 %	5,91 %	0,99105752	
Neuvottelu - asuinrak.	3	1,86 %	2,03 %	3,89 %	0,99597289	
PJ-urakka - asuinrak.	11	2,97 %	4,33 %	7,30 %	0,98543341	
Urakointi - asuinrak.	21	2,46 %	3,94 %	6,39 %	0,98860154	
Toimitilapart. - asuinrak.	5	2,79 %	3,82 %	6,61 %	0,98750899	
Korjausrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Toimistorakennukset	14	2,32 %	3,40 %	5,72 %	0,99085468	4,94 %
Kiinteähinta - toimisto	3	1,09 %	1,70 %	2,79 %	0,99772391	
Tavoitehintaa - toimisto	6	2,20 %	2,73 %	4,93 %	0,99360656	
Laskutyö - toimisto	5	2,52 %	3,73 %	6,25 %	0,98853225	
6-12kk toimisto	5	1,60 %	2,89 %	4,49 %	0,99392505	
12-18kk toimisto	7	1,65 %	2,50 %	4,15 %	0,99435959	
3-5 milj. toimisto	6	2,01 %	2,28 %	4,29 %	0,9949603	
5-10 milj. toimisto	6	2,11 %	3,56 %	5,67 %	0,99021513	
Urakkarak. - toimisto	5	1,30 %	3,01 %	4,31 %	0,99349182	
Neuvottelu - toimisto	4	2,01 %	3,49 %	5,49 %	0,98914256	
PJ-urakka - toimisto	5	2,66 %	2,80 %	5,46 %	0,99274468	
Urakointi - toimisto	11	2,16 %	3,29 %	5,46 %	0,99134303	
Korjausrakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Opetusrakennukset	9	2,91 %	2,55 %	5,46 %	0,99298238	4,69 %
Kiinteähinta - opetus	4	1,78 %	2,03 %	3,81 %	0,99583683	
Tavoitehintaa - opetus	4	2,55 %	2,04 %	4,59 %	0,99538736	
12-18kk opetus	5	1,79 %	2,40 %	4,19 %	0,9952874	
yli 18kk opetus	3	1,51 %	1,20 %	2,71 %	0,99819637	
5-10 milj. opetus	4	2,66 %	2,63 %	5,29 %	0,99314198	
10-15 milj. opetus	3	2,68 %	2,63 %	5,30 %	0,99276835	
Urakkarak. - opetus	4	1,78 %	2,03 %	3,81 %	0,99583683	
PJ-urakka - opetus	4	3,29 %	2,89 %	6,18 %	0,99126334	
Urakointi - opetus	8	2,80 %	2,57 %	5,38 %	0,99293655	

Asuntorakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
6-12kk	11	2,89 %	4,58 %	7,47 %	0,98127162	7,46 %
Omaperustainen 6-12kk	4	2,48 %	4,15 %	6,63 %	0,9845207	
Urakkarakentaminen 6-12kk	3	5,18 %	4,43 %	9,61 %	0,97885545	
Kiinteähinta 6-12kk	9	2,87 %	4,24 %	7,11 %	0,98348716	
Pistetalo 6-12kk	6	3,03 %	4,93 %	7,95 %	0,97839052	
Tähtikoti 6-12kk	4	2,48 %	4,15 %	6,63 %	0,9845207	
Urakointi 6-12kk	5	3,85 %	4,79 %	8,64 %	0,97923746	
2-3 milj. 6-12kk	8	3,18 %	4,75 %	7,93 %	0,97997398	
Rivitalo	3	1,79 %	2,59 %	4,38 %	0,99344099	
Asuntorakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
12-18kk	18	2,19 %	3,55 %	5,74 %	0,98928105	5,38 %
Omaperustainen 12-18kk	9	2,06 %	3,31 %	5,37 %	0,99041204	
Urakkarakentaminen 12-18kk	3	2,66 %	3,72 %	6,38 %	0,98776212	
Yhteistoimintarak. 12-18kk	4	1,85 %	2,17 %	4,02 %	0,99453054	
Kiinteähinta 12-18kk	15	2,11 %	3,66 %	5,77 %	0,98896967	
Tavoitehinta 12-18kk	3	2,34 %	2,44 %	4,78 %	0,99289224	
Pistetalo 12-18kk	14	1,92 %	3,48 %	5,39 %	0,99008232	
Lamellitalo 12-18kk	3	1,89 %	2,41 %	4,30 %	0,993443	
Tähtikoti 12-18kk	10	2,24 %	3,25 %	5,49 %	0,99059881	
Urakointi 12-18kk	4	2,78 %	3,31 %	6,09 %	0,99090262	
Asuntopartnering 12-18kk	4	2,15 %	2,54 %	4,69 %	0,99241372	
alle 2 milj. 12-18kk	5	1,39 %	2,08 %	3,47 %	0,99611847	
2-3 milj. 12-18kk	4	2,51 %	2,96 %	5,47 %	0,99217388	
yli 3 milj. 12-18kk	9	2,64 %	3,75 %	6,39 %	0,98804251	

Asuntorakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Omaperustainen	13	2,29 %	3,72 %	6,01 %	0,98818521	5,33 %
Kiinteähinta - omaperustainen	12	2,13 %	3,75 %	5,88 %	0,98847003	
Pistetalo - omaperustainen	9	1,89 %	3,47 %	5,36 %	0,98978078	
Lamellitalo - omaperustainen	3	1,54 %	1,85 %	3,39 %	0,99650489	
alle 2 milj. - omaperustainen	3	1,92 %	2,73 %	4,66 %	0,99331969	
2-3 milj. - omaperustainen	5	2,10 %	3,33 %	5,43 %	0,99103078	
yli 3 milj. - omaperustainen	5	1,71 %	2,61 %	4,32 %	0,99348125	
Omaperustainen 6-12kk	4	2,48 %	4,15 %	6,63 %	0,9845207	
Omaperustainen 12-18kk	9	2,06 %	3,31 %	5,37 %	0,99041204	
Asuntorakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Urakkarakentaminen	6	3,24 %	4,26 %	7,50 %	0,98165727	7,80 %
Urakointi - urakkarak.	5	2,98 %	4,00 %	6,98 %	0,98390955	
Pistetalo - urakkarak.	4	3,30 %	3,86 %	7,17 %	0,9858646	
2-3 milj. - urakkarak.	3	5,18 %	4,43 %	9,61 %	0,97885545	
Urakkarakentaminen 6-12kk	3	5,18 %	4,43 %	9,61 %	0,97885545	
Urakkarakentaminen 12-18kk	3	2,66 %	3,72 %	6,38 %	0,98776212	
Asuntorakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Yhteistoimintarakentaminen	5	2,26 %	2,51 %	4,77 %	0,99285749	4,33 %
Tavoitehinta - yhteistoimintarak.	3	2,34 %	2,44 %	4,78 %	0,99289224	
Asuntopartnering - yhteistoimintarak.	4	1,69 %	2,30 %	3,98 %	0,99422583	
Pistetalo - yhteistoimintarak.	4	2,30 %	2,35 %	4,64 %	0,99379777	
Yhteistoimintarak. 12-18kk	4	1,85 %	2,17 %	4,02 %	0,99453054	

Asuntorakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Kiinteähinta	24	2,53 %	3,94 %	6,47 %	0,98686119	6,14 %
Kiinteähinta - Pistetalo	17	2,36 %	3,87 %	6,23 %	0,98742848	
Kiinteähinta - Rivitalo	3	1,79 %	2,59 %	4,38 %	0,99344099	
Kiinteähinta 6-12kk	9	2,87 %	4,24 %	7,11 %	0,98348716	
Kiinteähinta 12-18kk	15	2,11 %	3,66 %	5,77 %	0,98896967	
Kiinteähinta - omaperustainen	12	2,13 %	3,75 %	5,88 %	0,98847003	
Kiinteähinta - urakkarak.	6	3,24 %	4,26 %	7,50 %	0,98165727	
Kiinteähinta - Tähtikoti	12	2,13 %	3,75 %	5,88 %	0,98847003	
Kiinteähinta - Urakointi	8	2,77 %	3,98 %	6,75 %	0,9859361	
Kiinteähinta - Asutopartnering	4	2,57 %	2,30 %	4,86 %	0,99357737	
Kiinteähinta alle 2 milj.	5	1,46 %	3,35 %	4,82 %	0,99099849	
Kiinteähinta 2-3 milj.	11	2,63 %	3,86 %	6,49 %	0,98631537	
Kiinteähinta yli 3 milj.	8	2,67 %	3,65 %	6,32 %	0,98907886	
Asuntorakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Tavoitehintaa	5	2,50 %	4,10 %	6,60 %	0,98563888	4,85 %
Tavoitehintaa - Pistetalo	3	1,82 %	3,15 %	4,97 %	0,99203831	
Tavoitehintaa 12-18kk	3	2,34 %	2,44 %	4,78 %	0,99289224	
Tavoitehintaa - yhteistoimintarak.	3	2,34 %	2,44 %	4,78 %	0,99289224	

Asuntorakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Tähtikoti	14	2,35 %	3,63 %	5,98 %	0,98860862	5,55 %
Kiinteähinta - Tähtikoti	12	2,13 %	3,75 %	5,88 %	0,98847003	
Pistetalo - Tähtikoti	10	2,40 %	3,39 %	5,80 %	0,98972875	
Lamellitalo - Tähtikoti	3	1,54 %	1,85 %	3,39 %	0,99650489	
alle 2 milj. - Tähtikoti	3	1,92 %	2,73 %	4,66 %	0,99331969	
2-3 milj. Tähtikoti	5	2,10 %	3,33 %	5,43 %	0,99103078	
yli 3 milj. - Tähtikoti	5	1,71 %	2,61 %	4,32 %	0,99348125	
Tähtikoti - omaperustainen	13	2,29 %	3,72 %	6,01 %	0,98818521	
Tähtikoti 6-12kk	4	2,48 %	4,15 %	6,63 %	0,9845207	
Tähtikoti 12-18kk	10	2,24 %	3,25 %	5,49 %	0,99059881	
Asuntorakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Urakointi	9	2,96 %	4,32 %	7,28 %	0,98428959	7,29 %
Kiinteähinta - Urakointi	8	2,77 %	3,98 %	6,75 %	0,9859361	
Pistetalo - Urakointi	7	2,95 %	4,13 %	7,09 %	0,98608925	
2-3 milj. - Urakointi	6	3,58 %	4,59 %	8,17 %	0,98178053	
Urakointi - urakkarak.	5	2,98 %	4,00 %	6,98 %	0,98390955	
Urakointi 6-12kk	5	3,85 %	4,79 %	8,64 %	0,97923746	
Urakointi 12-18kk	4	2,78 %	3,31 %	6,09 %	0,99090262	
Asuntorakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Asutopartnering	6	2,17 %	2,56 %	4,74 %	0,9925699	4,36 %
Kiinteähinta - Asutopartnering	4	2,57 %	2,30 %	4,86 %	0,99357737	
Pistetalo - Asutopartnering	3	1,82 %	2,19 %	4,01 %	0,99474921	
yli 3 milj. - Asutopartnering	3	2,10 %	1,98 %	4,08 %	0,99469292	
Asutopartnering - yhteistoimintarak.	4	1,69 %	2,30 %	3,98 %	0,99422583	
Asutopartnering 12-18kk	4	2,15 %	2,54 %	4,69 %	0,99241372	

Asuntorakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
alle 2 milj.	7	1,42 %	2,95 %	4,37 %	0,99311681	4,13 %
Kiinteähinta alle 2 milj.	5	1,46 %	3,35 %	4,82 %	0,99099849	
Pistetalo alle 2 milj.	5	1,39 %	2,08 %	3,47 %	0,99611847	
alle 2 milj. 12-18kk	5	1,39 %	2,08 %	3,47 %	0,99611847	
alle 2 milj. - omaperustainen	3	1,92 %	2,73 %	4,66 %	0,99331969	
alle 2 milj. - Tähtikoti	3	1,92 %	2,73 %	4,66 %	0,99331969	
Asuntorakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
2-3 milj.	12	3,10 %	4,58 %	7,69 %	0,98210743	7,11 %
Kiinteähinta 2-3 milj.	11	2,63 %	3,86 %	6,49 %	0,98631537	
Pistetalo 2-3 milj.	10	3,33 %	4,75 %	8,08 %	0,98101631	
2-3 milj. 6-12kk	8	3,18 %	4,75 %	7,93 %	0,97997398	
2-3 milj. 12-18kk	4	2,51 %	2,96 %	5,47 %	0,99217388	
2-3 milj. - omaperustainen	5	2,10 %	3,33 %	5,43 %	0,99103078	
2-3 milj. - urakkarak.	3	5,18 %	4,43 %	9,61 %	0,97885545	
2-3 milj. Tähtikoti	5	2,10 %	3,33 %	5,43 %	0,99103078	
2-3 milj. - Urakointi	6	3,58 %	4,59 %	8,17 %	0,98178053	
Asuntorakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
yli 3 milj.	10	2,74 %	3,68 %	6,42 %	0,9878097	5,41 %
Kiinteähinta yli 3 milj.	8	2,67 %	3,65 %	6,32 %	0,98907886	
Pistetalo yli 3 milj.	5	2,75 %	2,92 %	5,67 %	0,99192792	
Lamellitalo yli 3 milj.	4	2,47 %	2,33 %	4,81 %	0,99326281	
yli 3 milj. 12-18kk	9	2,64 %	3,75 %	6,39 %	0,98804251	
yli 3 milj. - omaperustainen	5	1,71 %	2,61 %	4,32 %	0,99348125	
yli 3 milj. - Tähtikoti	5	1,71 %	2,61 %	4,32 %	0,99348125	
yli 3 milj. - Asuntopartnering	3	2,10 %	1,98 %	4,08 %	0,99469292	

Asuntorakentaminen	Hankkeiden lukumäärä	Mediaanivirhe	Keskihajonta	Yhteensä	Korrelaatio kerroin	Painotettu keskiarvo
Pistetalo	20	2,31 %	4,03 %	6,34 %	0,98670208	6,04 %
Kiinteähinta - Pistetalo	17	2,36 %	3,87 %	6,23 %	0,98742848	
Tavoitehinta - Pistetalo	3	1,82 %	3,15 %	4,97 %	0,99203831	
Pistetalo alle 2 milj.	5	1,39 %	2,08 %	3,47 %	0,99611847	
Pistetalo 2-3 milj.	10	3,33 %	4,75 %	8,08 %	0,98101631	
Pistetalo yli 3 milj.	5	2,75 %	2,92 %	5,67 %	0,99192792	
Pistetalo - Tähtikoti	10	2,40 %	3,39 %	5,80 %	0,98972875	
Pistetalo - Urakointi	7	2,95 %	4,13 %	7,09 %	0,98608925	
Pistetalo - Asuntopartnering	3	1,82 %	2,19 %	4,01 %	0,99474921	
Pistetalo - omaperustainen	9	1,89 %	3,47 %	5,36 %	0,98978078	
Pistetalo - urakkarak.	4	3,30 %	3,86 %	7,17 %	0,9858646	
Pistetalo - yhteistoimintarak.	4	2,30 %	2,35 %	4,64 %	0,99379777	
Pistetalo 6-12kk	6	3,03 %	4,93 %	7,95 %	0,97839052	
Pistetalo 12-18kk	14	1,92 %	3,48 %	5,39 %	0,99008232	

LIITE 2

Talonrakentaminen	0-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-100 %
alle 3 milj.	3,38 %	4,32 %	4,52 %	5,09 %	7,03 %	8,48 %	8,61 %	6,53 %	3,62 %	2,53 %
3-5 milj.	4,16 %	8,35 %	9,96 %	9,38 %	10,19 %	9,68 %	9,70 %	8,62 %	5,93 %	1,91 %
5-10 milj.	2,30 %	6,03 %	5,32 %	7,41 %	7,73 %	6,41 %	4,81 %	3,99 %	4,11 %	1,63 %
10-15 milj.	3,12 %	6,65 %	6,35 %	5,27 %	3,85 %	5,30 %	5,59 %	7,00 %	5,42 %	2,43 %
yli 15 milj.	2,51 %	6,55 %	7,28 %	4,91 %	4,48 %	5,07 %	5,68 %	2,88 %	3,52 %	1,34 %
Korjausrakentaminen	0-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-100 %
alle 3 milj.	3,31 %	7,60 %	10,21 %	10,04 %	7,94 %	10,37 %	10,38 %	12,44 %	8,99 %	2,89 %
3-5 milj.	2,54 %	6,43 %	7,41 %	8,02 %	8,79 %	10,33 %	10,60 %	7,48 %	6,67 %	2,53 %
5-10 milj.	3,90 %	5,47 %	9,24 %	9,50 %	10,15 %	12,97 %	11,26 %	8,58 %	8,14 %	2,78 %
10-15 milj.	3,92 %	6,27 %	8,18 %	9,55 %	9,32 %	6,59 %	5,33 %	3,90 %	1,81 %	1,49 %
Asuntorakentaminen	0-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-100 %
alle 2 mij.	2,44 %	5,23 %	6,50 %	5,74 %	6,06 %	3,76 %	5,64 %	6,05 %	6,67 %	2,16 %
2-3 milj.	5,77 %	12,86 %	10,04 %	16,83 %	10,12 %	10,35 %	8,35 %	10,52 %	6,86 %	2,70 %
yli 3 milj.	3,73 %	9,66 %	12,56 %	11,17 %	9,77 %	7,20 %	7,55 %	6,97 %	6,84 %	2,01 %

Talonrakentaminen	0-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-100 %
6-12kk	6,04 %	6,10 %	7,81 %	9,38 %	10,85 %	10,39 %	9,89 %	7,99 %	6,74 %	1,92 %
12-18kk	6,05 %	5,93 %	5,87 %	5,57 %	5,32 %	6,37 %	5,29 %	3,80 %	4,33 %	2,14 %
yli 18kk	2,26 %	7,94 %	9,71 %	7,44 %	5,05 %	4,44 %	4,23 %	4,06 %	3,13 %	1,56 %
Korjausrakentaminen	0-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-100 %
6-12kk	3,25 %	6,96 %	8,42 %	9,92 %	9,09 %	10,72 %	7,85 %	7,90 %	6,74 %	2,32 %
12-18kk	3,16 %	6,32 %	5,77 %	6,96 %	7,38 %	10,66 %	10,68 %	9,22 %	6,85 %	3,20 %
yli 18kk	2,73 %	5,90 %	4,97 %	5,53 %	5,01 %	3,89 %	3,89 %	3,77 %	5,35 %	1,50 %
Asuntorakentaminen	0-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-100 %
6-12kk	5,19 %	11,96 %	13,73 %	14,94 %	11,85 %	9,38 %	10,96 %	9,77 %	9,20 %	2,35 %
12-18kk	3,11 %	9,47 %	8,00 %	8,53 %	8,07 %	7,28 %	7,23 %	7,86 %	7,00 %	2,44 %

Talonrakentaminen	0-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-100 %
Myymlä yms. rak.	2,98 %	6,15 %	7,52 %	7,16 %	8,22 %	11,38 %	9,47 %	7,64 %	6,00 %	1,22 %
Hoitoalan rak.	2,96 %	3,08 %	3,76 %	4,30 %	4,48 %	4,72 %	4,26 %	3,09 %	1,86 %	1,11 %
Toimistorak.	3,61 %	5,32 %	5,16 %	5,12 %	5,49 %	6,48 %	5,54 %	5,21 %	4,07 %	2,19 %
Opetusrak.	3,41 %	4,70 %	2,89 %	2,64 %	4,24 %	5,75 %	6,14 %	3,59 %	6,18 %	2,51 %
Teollisuusrak.	2,26 %	8,17 %	7,55 %	12,30 %	9,81 %	9,69 %	6,96 %	6,73 %	5,77 %	1,57 %
Muut	1,72 %	3,34 %	3,28 %	7,20 %	9,90 %	14,36 %	10,68 %	7,47 %	3,98 %	2,23 %
Korjausrakentaminen	0-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-100 %
Asuinrakennukset	4,95 %	9,72 %	13,13 %	10,11 %	10,39 %	10,68 %	10,58 %	9,70 %	9,16 %	2,87 %
Hoitoalan rak.	1,87 %	4,92 %	7,80 %	12,06 %	9,45 %	8,04 %	11,33 %	7,58 %	0,27 %	2,04 %
Toimistorak.	3,69 %	4,86 %	5,11 %	6,62 %	7,33 %	9,97 %	8,77 %	7,19 %	5,98 %	2,34 %
Opetusrak.	3,18 %	6,95 %	6,96 %	6,43 %	7,00 %	6,08 %	7,91 %	4,14 %	5,10 %	2,16 %
Asuntorakentaminen	0-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-100 %
Pistetalo	3,97 %	9,50 %	9,74 %	11,55 %	9,39 %	8,83 %	8,45 %	8,85 %	7,02 %	2,55 %
Lamellitalo	5,04 %	6,14 %	6,97 %	5,96 %	5,57 %	5,16 %	4,49 %	4,13 %	4,48 %	1,93 %
Rivitalo	5,16 %	4,85 %	2,36 %	9,62 %	6,39 %	2,37 %	3,47 %	3,34 %	2,89 %	1,53 %

Talonrakentaminen	0-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-100 %
Urakkarakentaminen	3,49 %	5,72 %	6,93 %	5,72 %	6,76 %	6,27 %	6,30 %	3,10 %	2,86 %	2,06 %
Neuvottelu-urakointi	3,84 %	5,00 %	3,80 %	6,35 %	5,44 %	7,26 %	5,89 %	4,57 %	2,93 %	1,75 %
Yhteistoimintarakentaminen	1,24 %	2,80 %	5,34 %	9,85 %	9,54 %	7,43 %	8,93 %	8,80 %	5,69 %	0,97 %
Projektinjohtourakointi	1,09 %	1,38 %	1,37 %	1,98 %	1,90 %	6,16 %	5,75 %	3,75 %	5,89 %	0,84 %
Muu toteutusmuoto	8,23 %	8,37 %	9,14 %	8,83 %	10,10 %	10,51 %	9,93 %	5,64 %	8,50 %	2,71 %
Korjausrakentaminen	0-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-100 %
Urakkarakentaminen	3,33 %	5,67 %	9,07 %	8,93 %	9,53 %	9,77 %	8,28 %	7,56 %	6,56 %	2,32 %
Neuvottelu-urakointi	2,45 %	4,40 %	5,92 %	6,82 %	10,06 %	8,15 %	10,15 %	7,17 %	6,36 %	2,29 %
Projektinjohtourakointi	3,65 %	7,94 %	9,25 %	8,26 %	8,68 %	10,71 %	9,71 %	10,29 %	7,33 %	2,84 %
Asuntorakentaminen	0-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-100 %
Omaperustainen	2,91 %	7,24 %	6,85 %	9,23 %	8,68 %	8,11 %	9,47 %	8,58 %	7,43 %	2,67 %
Urakkarakentaminen	5,36 %	9,60 %	13,60 %	13,60 %	11,29 %	7,57 %	7,79 %	9,11 %	10,77 %	2,16 %
Yhteistoimintarakentaminen	2,88 %	10,37 %	7,21 %	7,53 %	5,19 %	5,98 %	6,26 %	4,29 %	3,85 %	2,09 %

Talonrakentaminen	0-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-100 %
Kiinteähinta	3,50 %	6,97 %	7,56 %	8,92 %	7,53 %	8,08 %	8,82 %	5,51 %	4,69 %	2,05 %
Tavoitehintaa	2,83 %	6,13 %	6,01 %	6,53 %	7,65 %	7,85 %	6,01 %	6,37 %	4,94 %	1,86 %
Korjausrakentaminen	0-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-100 %
Kiinteähinta	3,50 %	7,21 %	9,03 %	8,95 %	10,13 %	9,38 %	8,34 %	7,56 %	7,34 %	2,36 %
Tavoitehintaa	3,50 %	7,56 %	7,81 %	7,94 %	8,13 %	10,35 %	8,89 %	8,61 %	7,11 %	2,85 %
Laskutyö	3,77 %	3,38 %	6,66 %	6,32 %	8,23 %	8,79 %	12,96 %	8,01 %	5,13 %	1,65 %
Asuntorakentaminen	0-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-100 %
Kiinteähinta	3,60 %	9,48 %	8,28 %	12,66 %	10,01 %	8,15 %	7,93 %	8,63 %	7,34 %	2,30 %
Tavoitehintaa	6,18 %	10,84 %	14,34 %	14,19 %	7,94 %	5,46 %	5,43 %	5,72 %	4,94 %	1,97 %

Talonrakentaminen	0-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-100 %
Urakointi	3,42 %	5,88 %	5,59 %	4,26 %	5,31 %	6,18 %	6,36 %	3,25 %	4,98 %	2,33 %
Toimitilapartnering	3,46 %	7,33 %	10,06 %	8,72 %	13,60 %	9,47 %	8,51 %	8,22 %	6,88 %	1,53 %
Kiinteistökehitys	2,55 %	5,94 %	4,59 %	6,42 %	6,43 %	7,79 %	6,29 %	5,21 %	4,17 %	2,09 %
Korjausrakentaminen	0-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-100 %
Urakointi	3,58 %	6,67 %	8,78 %	8,70 %	10,00 %	10,10 %	10,57 %	8,59 %	7,49 %	2,70 %
Toimitilapartnering	3,86 %	8,53 %	7,83 %	11,10 %	12,37 %	11,90 %	7,68 %	6,54 %	7,03 %	2,17 %
Asuntorakentaminen	0-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-100 %
Tähtikoti	2,73 %	7,42 %	6,65 %	8,19 %	8,24 %	7,55 %	8,91 %	8,24 %	7,44 %	2,80 %
Urakointi	4,17 %	11,30 %	12,07 %	13,53 %	11,84 %	11,09 %	6,79 %	6,83 %	5,49 %	2,26 %
Asuntopartnering	4,54 %	5,95 %	6,94 %	6,78 %	6,83 %	6,26 %	6,53 %	5,70 %	6,57 %	1,67 %

AIKATAULUTARKASTELU												
Talonrakentaminen	0-5 %	5-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-95 %	95-100 %
Myymlä yms. rak.	0,64 %	4,07 %	2,65 %	4,86 %	3,51 %	5,70 %	6,76 %	5,22 %	4,05 %	3,41 %	1,74 %	0,15 %
Hoitoalan rak.	0,78 %	1,71 %	1,44 %	1,80 %	1,45 %	1,35 %	2,32 %	2,16 %	0,57 %	1,21 %	0,98 %	0,47 %
Toimistorak.	1,46 %	1,95 %	2,98 %	2,30 %	2,54 %	2,83 %	3,62 %	3,10 %	3,09 %	2,30 %	2,40 %	0,49 %
Opetusrak.	0,90 %	1,60 %	1,95 %	1,32 %	1,57 %	2,63 %	3,92 %	4,13 %	1,83 %	3,51 %	1,39 %	0,68 %
Kaikki	0,82 %	1,89 %	3,32 %	3,28 %	4,10 %	3,42 %	4,41 %	3,94 %	2,25 %	2,44 %	2,18 %	0,42 %
Korjausrakentaminen	0-5 %	5-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-95 %	95-100 %
Asuinkerrostalot	0,72 %	2,26 %	4,53 %	5,56 %	6,35 %	5,72 %	6,80 %	4,84 %	5,51 %	3,82 %	3,11 %	0,60 %
Muut asuinrakennukset	0,64 %	1,99 %	3,57 %	5,38 %	7,24 %	5,00 %	7,92 %	5,27 %	5,28 %	4,39 %	3,33 %	0,47 %
Toimistorak.	0,92 %	1,57 %	1,74 %	2,45 %	3,63 %	3,91 %	6,30 %	3,83 %	3,34 %	3,24 %	3,14 %	0,65 %
Opetusrak.	0,86 %	3,62 %	4,82 %	4,86 %	4,04 %	3,89 %	3,04 %	5,41 %	2,27 %	3,23 %	2,80 %	0,67 %
Kaikki	0,97 %	2,68 %	3,33 %	4,84 %	5,44 %	5,95 %	6,25 %	6,56 %	4,66 %	3,47 %	2,69 %	0,59 %
Asuntorakentaminen	0-5 %	5-10 %	10-20 %	20-30 %	30-40 %	40-50 %	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-95 %	95-100 %
Kaikki	1,00 %	3,53 %	5,18 %	3,59 %	6,85 %	5,61 %	4,55 %	4,87 %	4,86 %	3,56 %	2,08 %	0,41 %

LIITE 3

